

UNIVERSIDAD DE SONORA

**DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS POR
PLAGUICIDAS QUÍMICOS DE USO AGRÍCOLA**

The seal of the University of Sonora is a circular emblem. It features a central shield with a lamp of knowledge, an open book, and a sun. Above the shield is a crest with two eyes. The shield is flanked by two figures. The entire seal is surrounded by a circular border containing the text 'UNIVERSIDAD DE SONORA' and the year '1942' at the bottom.

TRABAJO ESCRITO

TODOS · LO · ILUMINAN

**Que para obtener el GRADO de
Maestría en Sustentabilidad**

Presenta:

Ana Lucía Ortega Ruíz

1942

Director de Tesis:

Dra. Nora Elba Munguía Vega

HERMOSILLO, SONORA

SEPTIEMBRE 2017

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Página dejada intencionalmente en blanco

AGRADECIMIENTOS

A Dios por regalarme cada día y acompañarme en cada paso. “Y todo lo que hagan, de palabra o de obra, háganlo en el nombre del Señor Jesús, dando gracias a Dios el Padre por medio de él” Colosenses 3:17.

A mis padres, por hacer de mí la mujer que soy, por brindarme su apoyo incondicional y amor infinito. Este trabajo es de ustedes.

A mis hermanos Armando y Giselle, por darme todo su amor y por siempre estar al pendiente de mí.

A mis sobrinos Armando, Alejandro, Allan y Matteo, por ser el motor de mi vida.

A mi novio Jesús Carlos, por estar siempre a mi lado, brindarme todo su apoyo y sobre todo, llenar mis días de amor y felicidad.

A la familia Ruiz Terán, por hacerme parte de su familia, el entorno familiar brinda las fuerzas necesarias para lograr cualquier cometido.

A la familia Mexía Arrieta, por acompañarme en cada logro personal y profesional.

A Sara, por la valiosa amistad que nos caracteriza, por tantas risas compartidas y por hacer más ameno el camino.

A Diana, por ser mi compañera eterna, mi mano derecha y mi amiga incondicional.

A la Dra. Nora Munguía, por su apoyo y por la confianza brindada en mí para la realización de este proyecto.

A la Dra. Juana Alvarado, eternamente agradecida por su apoyo y por compartir sus conocimientos conmigo.

A mis compañeros del Posgrado en Sustentabilidad, por los excelentes momentos y por las amistades ganadas.

A Mtra. Carmen Romero y Santiago Medina, personal del SARE de la Universidad de Sonora, por todo su apoyo para facilitar la investigación científica, gracias por sus consejos, conocimientos compartidos y por su paciencia. Su profesionalismo y disponibilidad con los estudiantes es admirable.

A la Universidad de Sonora, mi alma mater, por formarme como profesional y hacer de mí una persona apta para defenderse en el campo laboral.

A CONACYT, por brindar los recursos necesarios para la elaboración de este trabajo.

Al Instituto Tecnológico de Sonora, por su apoyo para llevar a cabo la detección de plaguicidas organoclorados en suelo y por permitirme utilizar sus instalaciones.

Al Instituto de Reducción de Uso de Tóxicos de la Universidad de Massachusetts Lowell, por recibirme en sus instalaciones y brindar el apoyo necesario para complementar este trabajo de tesis.

The more I handled things and learned their names and uses, the more joyous and confident grew my sense of kinship with the rest of the world. - Helen Keller

Página dejada intencionalmente en blanco

RESUMEN

Este estudio busca crear un programa sobre el impacto a la salud ocupacional y el ambiente en relación con la presencia de plaguicidas químicos por consecuencia de usos pasados y el uso no seguro de plaguicidas en la actualidad lo que compromete totalmente la sustentabilidad en la agricultura. Dentro de una pequeña unidad de producción se tomaron muestras de suelo y se encontraron dos contaminantes orgánico-persistentes (p,p'-DDT y p,p'-DDE), en diferentes concentraciones; además se realizó un estudio de agua superficial en donde no se obtuvieron rastros de plaguicidas organoclorados, sin embargo se sigue cuestionando su total ausencia. Además se efectuó un análisis fisicoquímico de los plaguicidas presentes en almacén, enfocándose principalmente al plaguicida Paraquat y al fumigante fosforo de aluminio (AIP) debido a su manejo y uso frecuente en el campo de estudio. Los resultados en relación con el modus operandi de los trabajadores muestra la falta de conocimiento acerca del impacto de plaguicidas químicos y la falta de atención a los pequeños productores, quienes demuestran que el uso seguro de agroquímicos aún no es prioridad y que a pesar de ver reflejados algunos de los impactos en su salud, no relacionan dichos padecimientos con su profesión.

ABSTRACT

This study intends to raise awareness regarding the impact that previous utilization of organochlorine pesticides has on occupational health and the environment as well as the consequences of the current unsafe practices for pesticide use as they impair agriculture sustainability. Soil samples were collected within a small production unit and two persistent organic pollutants (p,p'-DDT y p,p'-DDE) were found at several levels. Additionally, a study on the surface water was conducted but no traces of organochlorine pesticides were detected. However, their total absence continues to be questioned. Furthermore a physicochemical analysis of the pesticides on storage was performed focusing mainly on the Paraquat pesticide and the fumigant aluminum phosphide (AIP) due to its frequent handling and use in the field of study. The studies evaluating the workers' *modus operandi* revealed a lack of knowledge concerning chemical pesticides and an unawareness displayed by small producers as they still not prioritized the safe use of agrochemical substances and despite of seeing reflected some of the impacts on their own health, they do not relate those ailments to their profession.

ÍNDICE

Índice de Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. OBJETIVO ESTRATÉGICO.....	13
III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
IV. ANÁLISIS LITERARIO.....	14
4.1 El dilema de los plaguicidas y su uso en cultivos alimenticios	14
4.2 Aspectos toxicológicos de los plaguicidas	15
4.3 Plaguicidas y su impacto en la salud ambiental y humana	17
4.4 Marco regulatorio	19
4.5 Casos de estudio.....	23
V. METODOLOGÍA.....	26
5.1 Tipo de Estudio	26
5.2 Diseño Metodológico	26
5.3. Alcance	34
5.4. Preguntas de Investigación	34
5.5. Objeto de estudio	35
5.6. Selección del objeto de estudio o del lugar que ubica al objeto de estudio.....	35
5.7. Selección y tamaño de muestra	35
5.8. Instrumentos de recolección y manejo de datos	35
VI. RESULTADOS	36
VII. DISCUSIÓN	60
VIII. CONCLUSIONES.....	61
IX. RECOMENDACIONES.....	62

X. REFERENCIAS.....	63
ANEXOS.....	69

Índice de Tablas

Tabla 1. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con plaguicidas.....	21
Tabla 2. Clasificaciones de gravedad para el medio ambiente.....	31
Tabla 3. Clasificaciones de gravedad para la vida y la salud	31
Tabla 4. Clasificaciones de gravedad para la propiedad	32
Tabla 5. Clasificaciones de gravedad de la velocidad de propagación del plaguicida	32
Tabla 6. Probabilidades de incidencia de los eventos	33
Tabla 7. Inventario de plaguicidas existentes.....	40
Tabla 9. Análisis Cuantitativo de los compuestos organoclorados presentes en las muestras de suelo	48
Tabla 10. Análisis cuantitativo de los compuestos organoclorados presentes en la muestra de agua.....	49
Tabla 11. Perfil físico-químico Paraquat.....	52
Tabla 12. Perfil físico-químico Fosforo de aluminio.....	53
Tabla 13. Programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas	57

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso atmosférico de los plaguicidas	18
Figura 2. Metodología para la identificación de Riesgos y Peligros por el uso de plaguicidas en la Actividad Agrícola	27
Figura 3. Modelo para el llenado del Inventario de riesgos y peligros para el medio ambiente y la salud de los trabajadores por la exposición a plaguicidas	30
Figura 4. Imagen satelital del campo agrícola	37
Figura 5. Plano completo del terreno de cultivo	38
Figura 6. Plano de bodega y almacén.....	39

Figura 7. Fotografías durante la aplicación de Paraquat al día 0, 15 y 22 respectivamente	43
Figura 8. Fotografías del manejo de plaguicidas.....	44
Figura 9. Almacén de plaguicidas en campo.....	45
Figura 10. Coordenadas geográficas de las muestras de suelo.....	47
Figura 11. Secado del suelo a los días 1, 4 y 7 respectivamente.....	48
Figura 12. Toma de muestra superficial de agua	49
Figura 13. Imagen satelital de la distancia campo-canal bajo	49
Figura 14. Validación del programa con trabajadores	59

Índice de Anexos

ANEXO 01. 10 PASOS DEL PROGRAMA APELL.....	69
ANEXO 02. CARTA DE CONSENTIMIENTO Y/O APROBACIÓN.....	70
ANEXO 03. ENCUESTA.....	71
ANEXO 04. LÍMITES DE DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN ANÁLISIS DE SUELO.....	73
ANEXO 05. CÁLCULOS PARA ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS COMPUESTOS ORGANOCORADOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE SUELO.....	74
ANEXO 06. LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN ANÁLISIS DE AGUA.....	75

I. INTRODUCCIÓN

Los beneficios que los plaguicidas brindan en la producción agrícola se ven opacados por los perjuicios ambientales que generan su uso; plaguicidas organoclorados como el Aldrin, Toxafeno, DDT, Clordano, Dieldrín, Endrín, Heptacloro y Hexaclorobenceno, a través del Convenio de Estocolmo, han sido catalogados como compuestos orgánicos persistentes (COPs) cuya producción, importación y uso están prohibidos en más de 50 países en todo el mundo ya que estos compuestos amenazan la supervivencia a largo plazo de los ecosistemas y la salud humana. No solo los plaguicidas organoclorados representan un peligro en el medio ambiente, otras familias de plaguicidas, como por ejemplo los organofosforados (OPs), presentan una toxicidad aguda elevada que afecta el sistema nervioso, entre otros plaguicidas que afectan tanto a la salud como al medio ambiente; por ello es necesario que se desarrollen programas de monitoreo ambiental que permitan diagnosticar el estado del medio ambiente y de la salud respecto a la presencia de plaguicidas (Martinez et al., 2017).

Este trabajo de tesis se distribuye en 8 capítulos, de los cuales el primer capítulo constituye un análisis literario sobre los tópicos relacionados con el impacto de los plaguicidas en la salud de los trabajadores agrícolas y del medio ambiente, lo cual se busca mediante el desarrollo de una metodología expuesta en el capítulo 5, lo que nos lleva al capítulo 6 en donde se presentan los resultados de la observación realizada durante las actividades de los trabajadores, así como las respuestas dadas por los mismo en la encuesta realizada. Por otro lado, se presentan los resultados de análisis de suelo, agua y físico-químicos para conocer el estado del ambiente y los riesgos a los que se exponen los trabajadores y el ecosistema respecto al uso de cada plaguicida presente en el campo de estudio.

En cuanto a las conclusiones, destaca que es importante la aplicación efectiva del programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas para minimizar el impacto que crea el uso incorrecto de los plaguicidas, tener una transición hacia las buenas prácticas, mejorar la calidad de vida y beneficiar a las generaciones futuras evitando el daño constante al ambiente por el uso irresponsable de estas sustancias químicas.

II. OBJETIVO ESTRATÉGICO

Prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos al ambiente y a la salud de los trabajadores agrícolas por la exposición a plaguicidas.

III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis del estado del arte acerca del uso de plaguicidas en la industria agrícola y su impacto al ambiente y a la salud humana entre otros tópicos relacionados.
- Obtener el consentimiento y/o permiso de los propietarios del campo agrícola en donde se llevará a cabo el estudio.
- Diagnosticar los riesgos ocupacionales y ambientales presentes en el proceso de aplicación, manejo, transporte y almacenamiento de plaguicidas.
- Diseñar un programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas.
- Validar el programa de prevención de riesgos que optimice las buenas prácticas orientadas a la prevención de la contaminación.

IV. ANÁLISIS LITERARIO

4.1 El dilema de los plaguicidas y su uso en cultivos alimenticios

Los plaguicidas son una combinación de sustancias utilizadas para controlar la presencia de biota nociva como malezas, insectos, hongos, virus y bacterias en los cultivos (Bedmar, 2011), especialmente en aquellos destinados para la siembra de alimentos para consumo humano (Roberts y Reigart, 2013). Otra clasificación de los plaguicidas se da según el tipo de plaga específica a atacar, dividiéndose por grupos de herbicidas, insecticidas, fungicidas, entre otros (Badii y Landeros, 2015). Su uso ha sido un tema muy debatido ya que las sustancias que integran estos compuestos son nocivas para la salud y el ambiente; a pesar de ello los plaguicidas han sido catalogados en la industria agrícola como indispensables para la productividad y utilizados frecuentemente con mucha confianza en los cultivos (Hurtado., 2014; Tabares *et al.*, 2011).

La diversidad de plaguicidas en una misma tierra de cultivo trae como resultado la posible presencia de distintas sustancias químicas en los alimentos que han sido producidos en dichos terrenos agrícolas, situación considerada según estudios previos como un problema debido a la peligrosidad de los plaguicidas en general (PAN, 2012). Contradictoriamente la experta toxicóloga latinoamericana Eloísa Caldas (2010) argumenta que los residuos de los plaguicidas en los alimentos no representan necesariamente un peligro para la salud.

Por otra parte, Guler *et al.*, (2010) argumentan que el uso de plaguicidas ha favorecido a la agricultura haciendo más eficiente la producción agrícola. Sin embargo, a consecuencia de lograr la eficiencia esperada en los cultivos alimenticios se estima que los plaguicidas utilizados han detonado diferentes formas de contaminación ambiental, afectando también a los productos agrícolas por la concentración de los compuestos químicos de aplicación directa y por ende al consumidor final (Castilla Pinedo *et al.*, 2012); es por ello que para impulsar la reducción de estos impactos, el investigador Claudio Lowy (2013) promueve eliminar el uso de plaguicidas, mientras que en ocasiones los responsables de tomar estas decisiones de cambio son quienes prefieren y fomentan el uso de este tipo de compuestos para optimizar la producción agrícola e incrementar las ganancias, en cuyo caso deberían seleccionar productos químicos menos agresivos (Gilden *et al.*, 2010).

Investigaciones como la realizada por Ertl y Butte (2012) mencionan que la exposición a plaguicidas ocurre inclusive en el interior de los hogares por consecuencia de los alimentos

provenientes de cultivos tratados con plaguicidas, siendo relevante la exposición ocupacional y nutricional; por lo tanto, los interiores de las viviendas particulares pueden ser una contribución significativa a la exposición de contaminantes de este tipo, de manera que es necesario e importante que los expertos en tecnología y química de los alimentos, que han contribuido a establecer los principios de seguridad en relación con los residuos de plaguicidas en los alimentos, pongan su inteligencia y atención en el estudio de los muchos otros aspectos de la seguridad en el uso de plaguicidas (Milby y West, 2014).

En el caso de asociaciones no gubernamentales de gran renombre en materia de plaguicidas como lo es Pesticide Action Network (PAN), argumenta que los plaguicidas son el eje central de un sistema de agricultura industrial insostenible (PAN, 2015). Aun así, las grandes corporaciones productoras de plaguicidas utilizan el poder de la publicidad, la mercadotecnia y el cabildeo para promover que dichos compuestos son esenciales para la producción de alimentos e inofensivos si son utilizados en los cultivos agrícolas según sus instrucciones y especificaciones (PAN, 2015); mientras que, Mínguez-Alarcón *et al* (2014) afirman en su investigación científica lo dañino que es el hecho de que la agricultura dependa de este tipo de compuestos conformados por sustancias tóxicas.

4.2 Aspectos toxicológicos de los plaguicidas

Una de las principales clasificaciones de los plaguicidas es en base a su grado de peligrosidad (Souza, 2013). Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica a los plaguicidas por su dosis letal media (DL50) la cual sirve para indicar la dosis que administrada a una población de individuos de la misma especie, tiene la probabilidad estadística de producir 50% de mortalidad (Calvo y Mendoza, 2012); de esta manera la OMS subclasifica a los plaguicidas en sumamente peligrosos muy tóxicos, sumamente peligrosos tóxicos, moderadamente peligrosos nocivos, poco peligrosos y aquellos que normalmente no ofrecen peligro (Lowy, 2013). A diferencia de la OMS, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) no hace mención de los plaguicidas subclasificados como sumamente peligrosos, más bien generaliza a los anteriores como todos aquellos plaguicidas vinculados con una alta incidencia de efectos adversos, graves o irreversibles en la salud humana o el medio ambiente (PAN, 2014).

Es ampliamente conocida la capacidad que tienen los plaguicidas para actuar como venenos agudos, carcinógenos, neurotóxicos y como toxinas que afectan la reproducción y

el desarrollo en los seres humanos (Reeves *et al.*, 2003). Mientras que por otro lado, no hay evidencia experimental humana que respalde los efectos negativos de los plaguicidas ya que no se puede exponer a las personas a la absorción de estos compuestos químicos de manera intencional con fines de estudio, por lo que la evidencia que hay en la población humana es limitada y únicamente se cuenta con casos de estudio referentes a intoxicaciones involuntarias y evidencia experimental realizada en animales considerando la relación dosis-respuesta; a pesar de esto la industria de los plaguicidas se encuentra en constante avance produciendo nuevos productos cada vez más potentes (Schaaf, 2013; Guzmán-Quilo *et al.*, 2015).

Santos-Luna *et al* (2015) argumentan que los efectos tóxicos de los plaguicidas dependen del mal manejo en las prácticas de aplicación de estos compuestos químicos ya que esto puede ocasionar serios problemas a la salud de la población ocupacionalmente expuesta. García (2004) menciona que la gestión de plaguicidas es un proceso potenciador de impactos desde sus inicios y no únicamente durante su manejo, es decir, este tipo de compuestos químicos provocan daños significativos tanto al ambiente como a la salud de las personas desde su proceso productivo debido a la generación de residuos.

La mayoría de las investigaciones científicas relacionadas con los padecimientos por intoxicación con plaguicidas se centran principalmente en los trabajadores agrícolas y en ocasiones en los habitantes de las comunidades aledañas a los terrenos de cultivo, para los cuales la intoxicación con plaguicidas es prácticamente una garantía (Ordoñez, 2015). Sin embargo, las personas que se localizan en áreas lejanas no se encuentren exentas del riesgo a intoxicarse por la exposición a estos compuestos químicos, debido a que también forman parte de las estadísticas de mortalidad por intoxicación con plaguicidas, al ser estos compuestos capaces de salir de su objetivo ya sea en forma de aerosol o bien, evaporarse y volatilizarse en el aire (Chaparro-Narváez *et al*, 2015).

Algunos de los problemas causados por los plaguicidas se deben a su persistencia, es decir, a su capacidad para permanecer en el ambiente por tiempo prolongado, siendo difícil para este tipo de compuestos que se lleve a cabo el proceso de degradación y por consiguiente la disminución de sus efectos tóxicos (Waliszewski *et al.*, 2013). De hecho, cuando los plaguicidas se encuentran en el ambiente, factores naturales como la biodegradación, la fotodegradación y la hidrólisis química disminuyen la persistencia de estos compuestos y por lo tanto su ecotoxicidad (Valderrama *et al.*, 2011). Sin embargo,

plaguicidas de mayor persistencia han sido encontrados en el aire y en los grandes cursos de agua como contaminantes, de manera que no cabe duda que estos compuestos son contaminantes habituales en los núcleos rurales y por lo tanto existe el riesgo de exposición a estos tóxicos por parte de la población que ahí reside y trabaja, así como de las personas y animales que consumen alimentos con presencia de residuos de plaguicidas a consecuencia de la acumulación de éstas sustancias en la cadena trófica (Olea y Fernández., 2001; Badii *et al.*, 2015).

Otro tipo de clasificación de los plaguicidas es según su grupo o familia química, clasificándose en Organoclorados, Organofosforados, Carbamatos, Tiocarbamatos, Piretroides, derivados bipiridilos, derivados del ácido fenoxiacético, derivados cloronitrofenólicos, derivados de las triazinas, compuestos orgánicos del estaño y compuestos inorgánicos, estas distintas composiciones químicas influyen en el comportamiento de cada plaguicida sobre todo en su peligrosidad (Del puerto *et al.*, 2014). Así mismo, dentro de los posibles comportamientos de los plaguicidas se encuentra la bioacumulación, la cual es un fenómeno que se da en los plaguicidas del tipo organoclorados debido a la capacidad que tienen de disolverse y concentrarse en los tejidos grasos de los animales (Gerber *et al.*, 2016). La concentración de estas sustancias puede aumentar cientos y hasta miles de veces en la medida que pasan a otros eslabones de la cadena alimenticia hasta llegar al ser humano. Así bien, en la actualidad algunos de estos plaguicidas se encuentran prohibidos; contradictoriamente otros del mismo tipo aún están autorizados (Segura, 2015; RAPAM, 2016).

4.3 Plaguicidas y su impacto en la salud ambiental y humana

Coscollà *et al.*, (2013) aclaran la relación que existe entre el uso de plaguicidas y la contaminación ambiental, especialmente en el caso del aire, ya que esta contaminación ambiental se considera como peligrosa para la salud humana causando enfermedades cardiopulmonares tales como, cáncer de pulmón, lesiones inflamatorias, daño oxidativo y otros efectos biológicos en el ser humano; de hecho estos efectos dispersos son considerados como el resultado de varios procesos atmosféricos que mueven a los plaguicidas fuera de su sitio de aplicación y los transforman, tal y como se muestra en la figura 1, la cual describe el proceso atmosférico de los plaguicidas (Tortajada-Genaro y Borrás, 2012). Mientras que investigadores como Schummer *et al.*, (2010) mencionan que existe poca evidencia de lo perjudiciales que son las pequeñas cantidades de partículas de plaguicidas que persisten en la atmósfera y en otras partes del entorno.

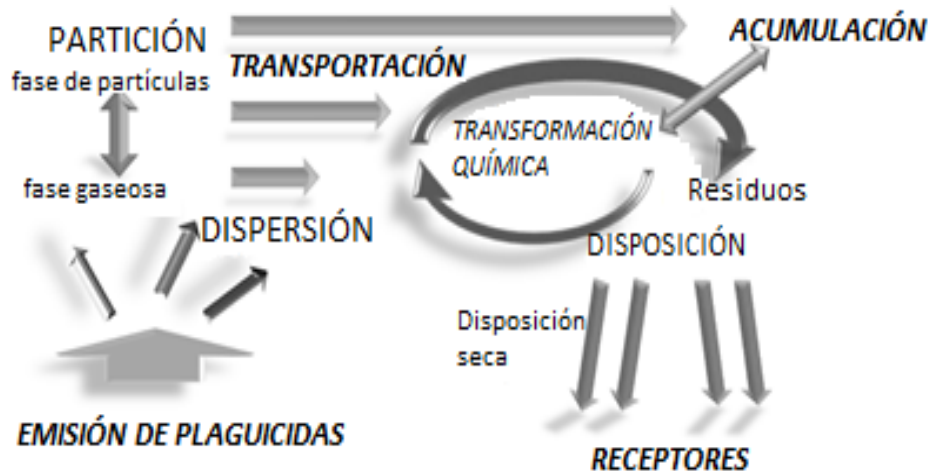


Figura 1. Proceso atmosférico de los plaguicidas

Fuente: Tortajada-Genaro y Borrás, 2012

Por lo que se puede considerar que los plaguicidas han estado presentes y afectando a la población mayormente a los trabajadores agrícolas, sus familias y comunidades durante más de 60 años, pero todavía no hay una estimación precisa del grado de sufrimiento humano que se vive a consecuencia de la exposición a estos compuestos químicos (Watts y Williamson, 2015). A pesar de esto, muchas personas mayormente de bajo nivel académico, continúan laborando en el sector agrícola pues ven este trabajo como una oportunidad fácil e idónea, puesto a que la agricultura es considerada como una actividad fructífera debido a que aún queda mucho trabajo por hacer dentro de ese sector (Le y Gimenez, 2015).

Así mismo, Gilden *et al* (2010) comentan en su estudio que los trabajadores de la industria de los plaguicidas y trabajadores agrícolas se encuentran expuestos constantemente a desarrollar graves síntomas por contacto con los plaguicidas que producen, aplican, o trabajan con estrecha proximidad. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, no es exclusivamente la población ocupacional aquella que se encuentra en continuo riesgo por la exposición a plaguicidas, sino también todas aquellas comunidades que habitan las zonas aledañas a las tierras de cultivo e inclusive los hogares ubicados en zonas lejanas, esto último a consecuencia de la presencia de plaguicidas en los alimentos, el ambiente y por consiguiente al interior de los hogares, así como también por la aplicación de plaguicidas de uso doméstico (Issue brief, 2015; Ross *et al.*, 2015).

La comunidad infantil debido a sus condiciones de desarrollo presenta mayor vulnerabilidad ante la exposición a plaguicidas (Landrigan y Goldman, 2011). Sin embargo, son escasos y limitados los estudios dirigidos a los grupos marginales como lo son niños y mujeres (Sutris *et al.*, 2016). Pero aun cuando la información es escasa, la exposición a plaguicidas ha sido científicamente vinculada a una serie de impactos sobre la salud de niños y mujeres embarazadas, como modificaciones en la estructura del cerebro, trastornos hormonales, asma, efectos metabólicos, defectos de nacimiento, trastornos del desarrollo, autismo y cáncer, entre otros (PAN y CPR, 2015).

Es un hecho que el desarrollo del cáncer de mama es un ejemplo específico de las repercusiones a la salud por parte de los plaguicidas en el ambiente (Pollán, 2013). Se ha hipotetizado en el estudio realizado por Santamaría-Ulloa (2009) que la exposición a plaguicidas puede tener un efecto importante en el desarrollo de esta enfermedad, el cual es un tipo de cáncer prevalente y la principal causa de muerte por cáncer en las mujeres alrededor del mundo y debido a que el porcentaje de casos relacionados con el historial reproductivo y genético de las pacientes es bajo, se estima que el ambiente contaminado con plaguicidas puede estar jugando un rol importante como causante de esta enfermedad. No obstante, las mujeres forman parte importante de la comunidad de trabajadores agrícolas, existiendo incluso sindicatos laborales conformados únicamente por mujeres (Reeves *et al.*, 2002).

Así pues, existen diversos padecimientos relacionados con la exposición a plaguicidas, pero aun y cuando la población en general se ve afectada de manera indirecta por estos compuestos tóxicos; son los trabajadores agrícolas aquellos que se ven afectados de manera directa y en quienes se ven reflejados los efectos más graves de los plaguicidas (Zuñiga *et al.*, 2012; Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2008). Consecuentemente se han desarrollado organizaciones como PhytoVictims Association, comprometida exclusivamente en denunciar los efectos de los plaguicidas en la salud de los trabajadores agrícolas y en mostrar como la ley ayuda a los trabajadores del campo para ver su enfermedad relacionada con la exposición a plaguicidas como una lesión, de manera que se consideren a sí mismos como víctimas ocupacionales (Jouzel y Prete, 2015).

4.4 Marco regulatorio

El control en la producción y uso de plaguicidas ha sido fomentado en distintas partes del mundo como América Latina, el Caribe, África, Asia, Europa y América del Norte por parte

de la organización no gubernamental PAN y sus variaciones para América Latina y cada país que forma parte de dicha organización establecida desde 1982, siendo México parte de ella en la actualidad (RAPAL, 2016). No obstante, al ser una organización no gubernamental (ONG), sus propuestas no son de carácter obligatorio y por lo tanto, sus funciones se limitan a la concientización de la sociedad, las empresas y el gobierno, mediante servicios, mecanismos de advertencia, supervisión e implementación de acuerdos internacionales (CINU, 2008).

Existe a nivel mundial el llamado Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Químicos (SAICM, por sus siglas en inglés) el cual es un marco de políticas para promover la seguridad química en todo el mundo, dentro de dichas políticas se ven regidos los plaguicidas al ser compuestos químicos; así pues SAICM tiene como objetivo general el logro de la gestión racional de los productos químicos durante su ciclo de vida, para que en 2020, los productos químicos se produzcan y utilicen de manera que se minimicen los impactos adversos significativos sobre la salud humana y el medio ambiente (SAICM, 2015). Éstas políticas resultan contradictorias a lo impulsado durante la revolución verde en los años 60 donde se introdujo y promovió el empleo de plaguicidas y fertilizantes en los cultivos básicos, teniendo presentes hasta la fecha los efectos y/o consecuencias del uso de estos compuestos químicos tóxicos (FAO, 1996).

Por otra parte, la EPA (Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos), es considerada de gran importancia al ser sus límites permisibles tomados como referencia en casi toda América, dicha agencia es la única responsable de regular el manejo de plaguicidas y de establecer límites máximos de residuos en las diferentes matrices en las que se pueden encontrar plaguicidas en los Estados Unidos de Norteamérica (EPA, 2011); a diferencia de los Estados Unidos Mexicanos, diversas dependencias federales regulan las distintas facetas de los plaguicidas, de esta manera el transporte de estas sustancias es regulado por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), el impacto al medio ambiente por la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales), la eficacia biológica de los productos para uso agrícola por SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación) y los aspectos sanitarios por la Secretaría de Salud (Silva, 2013).

En México la regulación del proceso y uso de plaguicidas está a cargo de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias

Tóxicas conocida como (CICOPLAFEST) (SEMARNAT, 2013). Sin embargo, existen otras dependencias del gobierno mexicano como lo son la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) las cuales tienen registrados y recomendados respectivamente, alrededor de 118 plaguicidas altamente peligrosos en diversos cultivos agrícolas, haciendo de esta manera caso omiso de las recomendaciones interpuestas por la FAO y la OMS, quienes invitan a considerar la eliminación gradual de los plaguicidas altamente peligrosos clasificados según los criterios definidos por las mismas ya mencionados anteriormente en el apartado 4.2 (IPEN, 2013).

Por otro lado, Silva (2013) menciona que en lo que se refiere a las autoridades mexicanas, éstas mantienen una gran preocupación con respecto al tema de los plaguicidas, donde la Secretaría de Salud toma la responsabilidad al establecer que se cumplan una serie de requisitos que garanticen que los plaguicidas presentes en el mercado mexicano sean seguros durante su manejo. Aunque contrario a lo anterior, de los 490 plaguicidas que se venden en México, 32 están estrictamente prohibidos en casi todo el mundo, al ser compuestos que provocan daños severos a la salud (Vanguardia, 2014).

En cuanto a la exposición laboral, la Ley Federal del Trabajo, en su capítulo cinco expresa las condiciones en las que deben de operar los trabajadores del campo; no obstante, dicha ley no hace mención alguna de los riesgos a los que se ven expuestos los trabajadores agrícolas por el uso de plaguicidas ni a la manera en la que se deben de manejar o manipular este tipo de compuestos tóxicos (Ley Federal del Trabajo, 2015); mientras que las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), en su carácter obligatorio ofrecen los mecanismos para el cuidado de los trabajadores expuestos a plaguicidas y hacen mención del control que se debe de tener con respecto al uso y manejo de los mismos (SEMARNAT, 2015; SEMARNAT, 2015; CIAD, 2014). Las NOM relacionadas a los plaguicidas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Normas Oficiales Mexicanas relacionadas con plaguicidas

Clave	Descripción
PROY-NOM-000-SAG-FITO/SSA-2014	Límites máximos de residuos. Lineamientos técnicos y procedimiento de autorización y revisión.

NOM-003-STPS-1999	Actividades agrícolas-Uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condiciones de seguridad e higiene.
NOM-017-STPS-1993	Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-1998	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-032-FITO-1995	Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarios 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-044-SSA1-1993	Envase y embalaje-Requisitos para contener plaguicidas.
NOM-045-SSA1-1993	Plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. Etiquetado.
NOM-046-SSA1-1993	Plaguicidas-productos para uso doméstico-etiquetado.
PROY-NOM-051-FITO-1995	Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario.
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.

NOM-057-FITO-1995	Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.
NOM-057-ZOO-1997	Método de prueba para la evaluación de efectividad en acaricidas para el control de la varroa.
NOM-114-STPS-1994	Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.
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.

Fuente: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C., 2014; Dirección General de Normas, 2016

4.5 Casos de estudio

La agricultura es considerada de primera instancia como una actividad de alto impacto ambiental, por la explotación excesiva del suelo y el uso desmedido de compuestos químicos tóxicos, es decir de plaguicidas, por los cuales la agricultura también es considerada como una actividad dañina para la salud (Lestido y Techera, 2013). No obstante, se han desarrollado alrededor del mundo diversos programas y métodos para reducir las consecuencias que los plaguicidas han causado a los seres humanos y al ambiente, porque a pesar de que los plaguicidas están destinados a matar a los organismos que causan enfermedades en los cultivos, provocan como efecto secundario peligro en la salud pública (Sarwar, 2015).

La OMS en conjunto con el International Centre for Pesticide Safety de Milán, en estrecha cooperación con el Instituto de Medicina Ocupacional de la Academia China de Medicina Preventiva de Beijing, en su calidad de centros de colaboración de la OMS para la salud ocupacional, publicaron una serie de documentos para la protección de la salud de los trabajadores, producto de las actividades de aplicación de la estrategia mundial sobre salud ocupacional para todos, en donde en 2004 una de dichas publicaciones tuvo como propósito promover la salud y la seguridad de los trabajadores agrícolas, informando sobre procedimientos de trabajo seguros ante la exposición de plaguicidas, entre otros tópicos relacionados (Fait *et al.*, 2004). A pesar de lo anterior, organizaciones expresan como a este problema de salud pública no se le ha dado la prioridad técnica y política que corresponde, lo que se expresa en la ausencia de programas suficientemente sustentados y, cuando estos existen, se desconoce el impacto de sus actividades, o sea, si la morbilidad

y mortalidad específicas permanecen estacionarias, descienden o se incrementan (Organización Panamericana de la Salud, 2003).

Por su parte, la Unión Europea ha sido líder mundial en el tema del impacto de los plaguicidas sobre la salud y el medio ambiente, siendo la Comisión Europea quien lanzó en 1993 el “Programa de trabajo en torno a la evaluación comunitaria de todas las sustancias activas utilizadas en los productos fitosanitarios dentro de la Unión Europea”, donde en este proceso de evaluación cada sustancia tuvo que ser evaluada para determinar si se podía utilizar sin riesgos para la salud humana y el medio ambiente (Grupo FS, 2016). Pero no fue sino hasta el año 2006 cuando la Comisión Europea propuso una estrategia para mejorar la manera en la que se utilizan este tipo de sustancias en toda la Unión Europea a través de la promoción del uso de los códigos de buenas prácticas, la sensibilización de los usuarios y la disponibilidad de los medios necesarios para la investigación aplicada y la formación (Comunidades Europeas 2009).

Por otro lado, existen certificaciones a las que las empresas o negocios se pueden hacer acreedores para asegurar las buenas prácticas y condiciones de los trabajadores, tal es el caso de la Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS), certificación reconocida debido a su familiaridad con la certificación ISO 14 001 para el cuidado del medio ambiente (Entolux, 2006), en el caso de la OHSAS 18 001 ésta certificación asegura a los clientes y especialmente a los empleados sobre los mejores procedimientos referentes a la prevención de riesgos laborales (OHSAS Project Group, 2007); mientras que una de las herramienta más importantes y utilizadas por los organismos estatales y no gubernamentales cuando trabajan en la prevención de los daños causados por el mal uso de los plaguicidas es el código internacional de conducta para la distribución y uso de plaguicidas el cual es un documento de orientación de la FAO y es considerado como un estándar para la gestión de plaguicidas (Del Puerto *et al.*, 2014).

Así pues, en lo que se refiere a entidades federativas de los Estados Unidos de Norteamérica como lo es la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), ha desarrollado una combinación de medidas de mitigación de riesgos por el uso de plaguicidas, limitando consecuentemente el uso de éstos compuestos químicos en los cultivos (Roberts y Reigart, 2013). Sin embargo, los plaguicidas continúan siendo una de las herramientas de gestión de plagas más influyentes en todo el mundo y por consiguiente

siguen siendo un tema controvertido que se encuentra a la vanguardia de regulación en la mayoría de los países (Guedes *et al.*, 2015).

En cuanto a la opinión de autores, Ayón y De la Colina (2015) mencionan en su artículo que la panorámica de dificultades y retos para el desarrollo de una actividad económica tan vital como lo es la agricultura, debe estar asociada a un uso y manejo ambientalmente sostenible de los recursos, donde son necesarias: una mayor voluntad y unidad política para acciones efectivas, la formulación e instrumentación de programas y mecanismos, y la promulgación de disposiciones legales, tanto a escala local como global. Ahora bien, la mayoría de los productores agrícolas poseen escasos conocimientos de la peligrosidad de los plaguicidas y por lo tanto de la necesidad de la aplicación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) y de programas de prevención de riesgos por la exposición a estos compuestos químicos, de manera que sin importar el nivel de escolaridad de los productores agrícolas, las conductas de manipulación de dichos productos tóxicos en el campo son inapropiadas y excesivas (Candelaria-Martínez *et al.*, 2014; Fonseca *et al.*, 2011).

V. METODOLOGÍA

5.1 Tipo de Estudio

El presente estudio es de tipo mixto debido a la naturaleza del proyecto, ya que durante su desarrollo se generaron datos y a su vez se midieron las percepciones de los trabajadores expuestos.

5.2 Diseño Metodológico

El diseño metodológico que se muestra en la figura 2 está basado en el documento llamado “Evaluación de Riesgos y Peligros para el Ambiente y la Salud”, el cual es el segundo paso del programa APELL (Anexo 01) que forma parte de una propuesta de diez pasos impuesta por la Organización de las Naciones Unidas a través de su Programa del Medio Ambiente (UNEP-PNUMA) para la concientización y preparación para emergencias, dirigido al personal de Salud y tiene la finalidad de ayudar a identificar los riesgos y peligros generados por el uso de plaguicidas en la actividad agrícola que amenazan con ejercer daños al medio ambiente y a la salud; el documento original fue redirigido por parte del Ministerio de Salud del Perú hacia la identificación de Riesgos y Peligros por el uso de plaguicidas en la Actividad Agrícola. Así mismo, este último fue sujeto a algunas adecuaciones y consta de las siguientes fases:

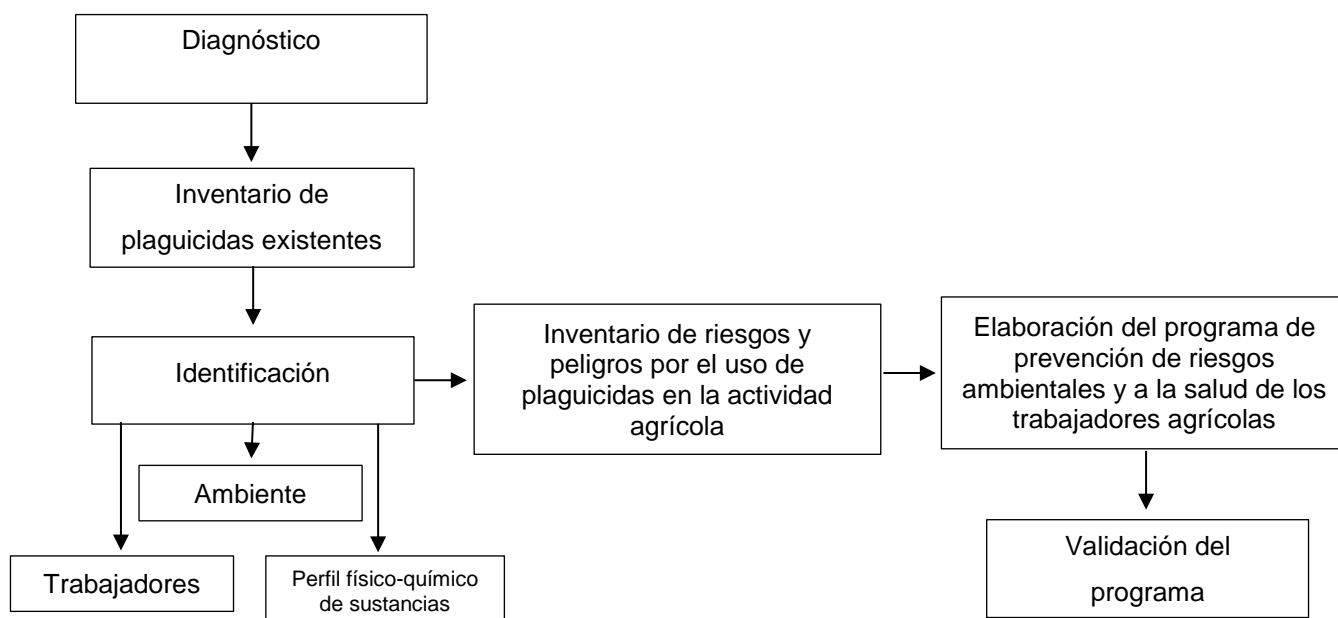


Figura 2. Metodología para la identificación de Riesgos y Peligros por el uso de plaguicidas en la Actividad Agrícola

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

5.2.1. Diagnóstico

5.2.1.1. El área agrícola se consideró como potencialmente peligrosa, por la posibilidad de ser una fuente de emisión de contaminantes.

5.2.1.2. Se conoció la ubicación y dimensión del almacén de los plaguicidas, así como de la bodega y del terreno de cultivo en general.

5.2.2. Inventario

Se realizó un inventario de todos los plaguicidas presentes en el área de almacén y bodega, tomando en cuenta la información necesaria para facilitar el reconocimiento de los plaguicidas existentes; el diseño de este inventario se efectuó con base en el Manual sobre almacenamiento y el control de existencias de plaguicidas realizado por la FAO en 1996 en el marco de su proyecto GCP/INT/572/NET. Se genera el inventario para cumplir con el Reglamento Interior de la Comisión Intersecretarial para el Control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST) en México, el cual menciona la integración del proyecto de inventario cualitativo y cuantitativo de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, éste reglamento es estipulado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

5.2.3. Identificación

Esta sección está integrada por tres partes, enfocándose la primera de estas en los trabajadores, a la cual la constituye la identificación de peligros y una encuesta realizada a los trabajadores del campo para conocer sus percepciones y sintomatología relacionada con el uso de plaguicidas químicos, otra de las partes que integra la identificación es el medio ambiente en el cual se incluyen análisis de suelo y agua y por último, se incluye en la identificación el análisis del perfil físico-químico de los compuestos activos presentes en los plaguicidas almacenados en campo.

5.2.3.1. Trabajadores

5.2.3.1.1. Identificación de peligros existentes

Para identificar los peligros existentes, se observó a los trabajadores durante su jornada laboral y se identificaron los potenciales peligros presentes durante las actividades de aplicación, manejo, transporte y almacenamiento de plaguicidas.

5.2.3.1.2. Encuesta

Se implementó una encuesta a los trabajadores agrícolas con la finalidad de conocer sus percepciones y datos personales relacionados con la exposición a plaguicidas químicos.

5.2.3.2. Ambiente

5.2.3.2.1. Análisis de suelo

Se tomaron tres muestras de suelo, según se muestra en la figura 10, elegidas por muestreo simple aleatorio de acuerdo al PROY-NMX-AA-132-SCFI-2015, cada una tomada de 0 a 10 cm de profundidad a las cuales se les realizó el análisis de plaguicidas organoclorados (OCPs, por sus siglas en inglés), en las instalaciones del laboratorio de Recursos Naturales del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). La técnica para el análisis se basó en la investigación realizada por Cantu-Soto *et al.* (2011) desarrollando la extracción de plaguicidas organoclorados presentes en las muestras por medio de una matriz de dispersión en fase sólida (MSPD, por sus siglas en inglés). “Se inactivaron por medio de incineración 3.2 g de óxido de aluminio por muestra a 900°C por 12 h y se ajustó a 9% de humedad. Se colocaron 0.5 g de muestra de suelo en un mortero y se molieron con 0.6 g de óxido de aluminio para la dispersión. Para la purificación de la muestra se realizó un empaquetado en una jeringa de vidrio de 5 mL, colocando al fondo de la jeringa fibra de vidrio y 2.6 g de óxido de aluminio, para añadir encima de ello el resultante del mortero. La muestra de suelo dispersa se agregó a la columna y los OCPs de la muestra se eluyeron con aproximadamente 40 mL de hexano. El eluato fue evaporado hasta secarse por medio de un inyector de nitrógeno comprimido o evaporador de nitrógeno de la línea OA-SYS (Organomation Associates, Inc.). El concentrado se recopiló en vasos de precipitado y fue reconstituido con 100 µL de hexano”. El análisis de OCPs para cada muestra incluyó la presencia de un blanco o control negativo (OCP sin suelo) y un control positivo (suelo fortificado con 100 µL de una mezcla de plaguicidas organoclorados de concentraciones conocidas). “Se analizaron las muestras por medio de un cromatógrafo de gases (Sistema Agilent 7890A) equipado con un detector de microcaptura de electrones (µCED, por sus siglas en inglés), con un inyector de series automático (Agilent Technologies 7683B) y con

una columna capilar DB-5 (30 m x 0.250 mm x 0.25 μ m), todo lo anterior utilizando helio como gas acarreador a 2.3 mL min⁻¹ bajo flujo constante” (Cantu-Soto *et al.*, 2011).

5.2.3.2.2. Análisis de agua

Se efectuó un análisis de agua superficial en el efluente principal y más cercano conocido como Canal bajo utilizando el método por cromatografía de gases llamado Test method 8081B: organochlorine pesticides, dicho método es proveniente de la EPA (US Environmental Protection Agency) y validado por la Entidad mexicana de acreditación, a. c. (ema). La selección de la muestra se realizó por conveniencia ya que por la ubicación del sitio se consideró riesgoso tomarla en otro punto. La toma de muestra se efectuó con base a la NOM-AA-014-1980 tomando únicamente superficie del agua del cuerpo a analizar en un recipiente con capacidad volumétrica de 1 litro de color ámbar con tapón con contra tapa, manipulado con guantes de látex y almacenándolo a 4° C para su transporte.

5.2.3.3. Perfil físico-químico de sustancias

Se elaboró un perfil físico-químico de los ingredientes activos presentes en los plaguicidas en almacenamiento, según los términos establecidos por Arce Corrales *et al.*, (2014) para el correcto análisis de sustancias químicas, obteniendo datos sobre el potencial carcinogénico, mutagénico, neurotóxico, tóxico a la reproducción, toxicidad aguda acuática, potencial daño a la capa de ozono, coeficiente octanol-agua (KOW), entre otras características, para poder así identificarlos entre poco peligrosos y severamente peligrosos según los datos anteriormente mencionados obtenidos en bases de datos especializadas.

5.2.4. Inventario de Riesgos y Peligros por el uso de Plaguicidas en la Actividad Agrícola

Se observa el inventario de riesgos y peligros en la figura 3, el cual consta del llenado de 13 columnas con información adquirida por medio de observación y datos relacionados, dicho inventario fue tomado de la metodología del Ministerio de Salud del Perú.

Las 13 columnas se dividen en 5 grupos; las columnas correspondientes del 1 al 5 pertenecen a la identificación, la columna 6 a la evaluación, de la columna 7 a la 10 pertenecen a la Clasificación: Gravedad, las columnas 11 y 12 a la determinación del grado, mientras que la columna 13 es para comentarios. En los párrafos siguientes se explica de manera individual el llenado de las columnas.

1 Objeto	2 Operaciones	3 Peligro (Cantidad)	4 Tipo de Riesgo	5 Objeto Amenazado	6 Consecuencias	7-10 Gravedad				11 Pb	12 Pr	13 Comentarios
						A	V	P	C			
Areas agricolas												
	Otros											

Figura 3. Modelo para el llenado del Inventario de riesgos y peligros para el medio ambiente y la salud de los trabajadores por la exposición a plaguicidas

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

5.2.4.1. Identificación

Objeto (Columna 1): Se especifica el objeto de estudio.

Operaciones (Columna 2): Este espacio incluye las operaciones que se llevan a cabo dentro del área agrícola relacionadas con plaguicidas.

Peligro (Columna 3): Se observó en el campo agrícola la cantidad de peligros involucrados en cada una de las operaciones relacionadas con el uso de plaguicidas y se indicó la cantidad de plaguicidas de origen químico utilizados durante el estudio, así como también se realizó una lista indicando los nombres de las sustancias utilizadas en cada actividad.

Tipo de Riesgo (Columna 4): Se identificaron los tipos de daños, de forma subjetiva, que pueden causar los plaguicidas. Se tomaron en cuenta los diversos tipos de exposición (inhalación, ingestión y cutánea).

Objetos Amenazados (Columna 5): Se identificó la ubicación de los objetos amenazados y que tan vulnerables pueden ser.

5.2.4.2. Evaluación

Consecuencias (Columna 6): En la columna 6, para cada objeto amenazado del listado en la columna 5, se anotaron los eventos que como consecuencias, más afectan al medio ambiente y a los trabajadores agrícolas.

5.2.4.3. Clasificación: Gravedad

En esta fase se estimó el valor correspondiente que se consideró adecuado según el criterio del evaluador en el momento que se realizó la visita de campo.

La gravedad fue estimada en una escala del 1 al 5 en el caso de la gravedad o consecuencias para el medio ambiente, clases especificadas en la tabla 2 y para la propiedad (Tabla 4); y en una escala del 1 al 3 para el caso de gravedad o consecuencias para la vida y la salud que se muestran en la tabla 3 y para la velocidad de propagación de los plaguicidas (Tabla 5). Las clases de gravedad se relacionan con los eventos listados en la columna 6.

Gravedad o Consecuencias para el Medio Ambiente (Columna 7): ¿Cuál sería y por cuánto tiempo el impacto sobre el medio ambiente?

Tabla 2. Clasificaciones de gravedad para el medio ambiente

Clase	Características
1. Poco importante	Efectos localizados, sin contaminación por el uso de plaguicidas.
2. Limitado	Efectos localizados, con contaminación leve por el uso de plaguicidas.
3. Grave	Los efectos se dispersan con contaminación leve por el uso de plaguicidas.
4. Muy grave	Efectos localizados con contaminación intensa por el uso de plaguicidas.
5. Catastrófico	Los efectos se dispersan con contaminación muy intensa por el uso de plaguicidas.

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

Gravedad o Consecuencias para la vida y la Salud (Columna 8): ¿Qué tan grave pueden ser afectados los trabajadores agrícolas?

Tabla 3. Clasificaciones de gravedad para la vida y la salud

Clase	Características
1. Poco importante	Incomodidad temporal por el uso inadecuado de plaguicidas.

2. Limitado	Pocos lesionados, incomodidades por mucho tiempo por el uso de plaguicidas.
3. Grave	Lesiones e incomodidades graves por el uso de plaguicidas.

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

Gravedad o Consecuencias para la propiedad (Columna 9): ¿Cuáles serían los costos por decesos, hospitalización, reacondicionamiento del ambiente y daños a la propiedad?

Tabla 4. Clasificaciones de gravedad para la propiedad

Clase	Costo total (millones de \$)
-------	------------------------------

1. Poco importante	Menos de 0.5
2. Limitado	0.5 – 1.0
3. Grave	1.0 – 5.0
4. Muy grave	5.0 – 20
5. Catastrófico	Más de 20

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

Velocidad de Propagación del Plaguicida (Columna 10): ¿Qué tan rápido y en qué tiempo se propagaría?

Tabla 5. Clasificaciones de gravedad de la velocidad de propagación del plaguicida

Clase	Características
-------	-----------------

1. Se manifiesta clara y rápidamente (señales)	Efectos localizados y sin daños.
2. Medianamente	Con alguna propagación y pequeños daños.
3. No hay señales	Efectos con propagación rápida y efectos inmediatos (explosión).

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

5.2.4.4. Determinación del grado

Para la determinación del grado, fue importante conocer “el escenario del peor de los casos”, ya que considerándolo de esta manera se previenen situaciones de emergencia. La clasificación se dio en base a la siguiente prioridad:

- Trabajadores del campo.
- Medio ambiente.

Para asignar los "grados" a un objeto fue necesario evaluar estimativamente las diferentes clases de consecuencias (columnas 7 a 10) y llegar finalmente a establecer las prioridades finales (columna 12), de acuerdo a las probabilidades de que ocurran (columna 11) los eventos (columna 6) mostrándose estos últimos en la tabla 6.

Probabilidad (Columna 11). ¿Cuáles son las probabilidades de que ocurran los eventos? ¿Cómo pueden ocurrir? ¿Qué experiencias existen?

Tabla 6. Probabilidades de incidencia de los eventos

Clase	Características
1. Improbable	Menos de una en cada 1, 000 años
2. Muy poco probable	Una entre 100 y 1,000 años
3. Poco probable	Una entre 10 y 100 años
4. Probable	Una entre 1 y 10 años
5. Muy probable	Más de 1 por año

Fuente: Oficina General de Epidemiología Ministerio de Salud del Perú, 2001

Asignar Grados de Riesgos (Columna 12): La prioridad para nuestro caso son los impactos en el medio ambiente y los trabajadores agrícolas por la exposición a plaguicidas químicos.

Teniendo en consideración lo anterior, fue preciso identificar los recursos necesarios que se necesitan para controlar un accidente posible por el uso inadecuado de los plaguicidas. De acuerdo a la probabilidad de la ocurrencia de un determinado evento y a sus consecuencias (de poco importante a catastrófico), se obtuvo la matriz correspondiente al grado en términos de PRIORIDAD: A, B, C, D y E.

Donde;

E: Catastrófico

D: Muy Grave

C: Grave

B: Limitado

A: No importante

Comentarios (Columna 13): En esta columna se realizaron anotaciones importantes de situaciones observadas durante el estudio, que no encajen en las columnas anteriores, pero que tengan relevancia sobre el tema en cuestión.

5.2.5. Elaboración del programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas

Se desarrolló un programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas que consta de una descripción detallada de las actividades a realizar, las acciones que deben llevarse a cabo y el tiempo en el que deben de ser ejecutadas, ya sea a corto, mediano o largo plazo según sea el caso.

5.2.6. Validación del programa

Se organizó un encuentro con trabajadores de distintos campos de la región y se acudió al campo para platicar con ellos e indagar en el tema de la prevención de riesgos a la salud por el uso de plaguicidas químicos, motivándolos a crear hábitos de precaución y buenas prácticas, así como también se trató de concientizar sobre el uso seguro de plaguicidas para beneficio del medio ambiente.

5.3. Alcance

Esta investigación se desarrolló en el lote No. 2 del cuadrilátero XVI del pueblo de Cócorit con una superficie de 3 – 00, hectáreas 00 perteneciente al Valle del Yaqui, específicamente en cultivos de hortalizas (Sandía), dentro del periodo de Septiembre de 2015 a Agosto de 2017.

5.4. Preguntas de Investigación

¿Qué impactos tiene el uso de plaguicidas sobre la salud humana y el ambiente?

¿Es posible implementar medidas que faciliten la transición sustentable hacia buenas prácticas agrícolas?

5.5. Objeto de estudio

Las prácticas agrícolas derivadas de la aplicación, manejo, transporte y almacenamiento de plaguicidas.

5.6. Selección del objeto de estudio o del lugar que ubica al objeto de estudio

La selección se decidió por conveniencia, debido al interés mostrado por las partes involucradas.

5.7. Selección y tamaño de muestra

La muestra fue completa ya que la población de trabajadores del campo agrícola constó de 4 elementos.

La muestra de agua se tomó con base en la NOM-AA-014-1980, la selección del punto fue por conveniencia, definido por la ubicación del cuerpo de agua. Para el suelo se tomaron por muestreo simple aleatorio 3 muestras de 0-10 cm de profundidad, para lo anterior se siguió lo establecido en la norma PROY-NMX-AA-132-SCFI-2015.

5.8. Instrumentos de recolección y manejo de datos

Se utilizó la aplicación de una encuesta, técnicas de observación, bases de datos de sustancias y compuestos químicos, fotografías, bitácora de campo, Excel, AutoCAD.

VI. RESULTADOS

6.1 Carta de Consentimiento y/o aprobación

Se obtuvo el consentimiento y/o permiso del propietario del terreno agrícola para realizar los estudios y observaciones descritas en el transcurso del presente trabajo de tesis. Se observa la carta en el anexo 02 en donde se omite el nombre, firma y datos personales del propietario del área de cultivo por cuestiones de anonimato, dejando visible únicamente la dirección de las tierras.

6.2 Diagnóstico

6.2.1 Antecedentes y preparación del sitio

El área agrícola se encuentra ubicada en el lote No. 2 del cuadrilátero XVI del pueblo de Cócorit con una superficie de 3 – 00, hectáreas 00 (Imagen satelital en la figura 4), dentro de las acotaciones del Valle del Yaqui, cuya humedad relativa (HR) promedio equivale a 44 HR, de acuerdo a mediciones registradas en un periodo de 3 días con intervalos de 10 minutos para cada registro según datos aportados por la Red Estatal de Estaciones Meteorológicas de Sonora (AGROSON, 2016) a partir del día 12 de abril de 2016 al 14 de abril del mismo año, por su parte la temperatura promedio la cual fue registrado durante el mismo periodo que la HR y mediante los mismos intervalos para las mediciones correspondientes, es de 18 °C. En lo que respecta a las lluvias, se registra cero incidencias durante el mismo periodo de las mediciones anteriores.



Figura 4. Imagen satelital del campo agrícola

Fuente: Google earth

6.2.2 Ubicación y distribución del sitio

En lo que respecta a las medidas del terreno de cultivo que pueden ser observadas en la figura 5, se tomaron en cuenta las distancias entre almacén, bodega y terreno para la siembra, así como también la distancia entre el área de preparación e ingesta de alimentos, refrigerador y baño con el resto de las áreas; en sí se tomó en cuenta la distancia entre cada una de las áreas que conforman el total del terreno de cultivo; considerando procesos de aplicación, manejo, transporte y almacenamiento.

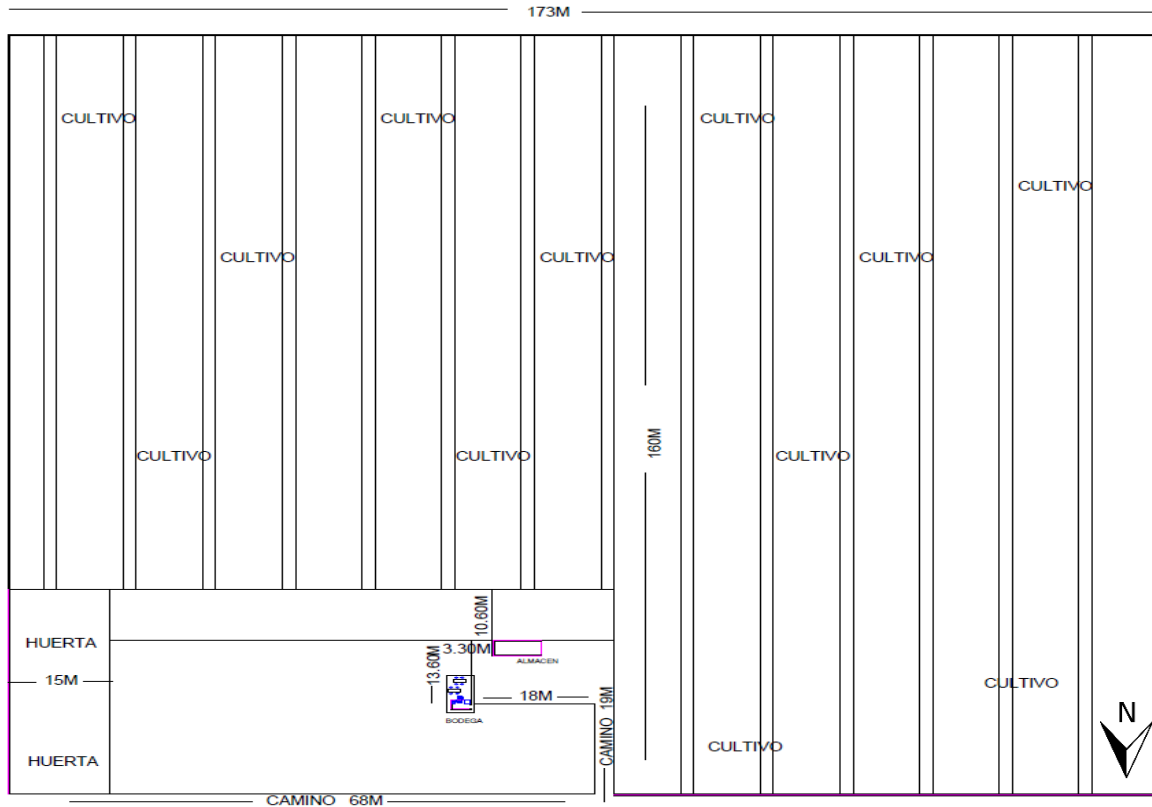


Figura 5. Plano completo del terreno de cultivo

Fuente: Elaboración propia

El territorio cuenta con las siguientes acotaciones: El largo total del terreno de cultivo es de 173 metros, mientras que el ancho es de 160 metros; el recorrido para el transporte de plaguicidas dentro del terreno de cultivo desde la entrada principal hasta el estacionamiento es de 105 metros, en donde a la distancia de 1 metro se encuentra la entrada a la bodega y a 13.60 metros el almacén cuya distribución se muestra en la figura 5, en ambos lugares se guardan plaguicidas, encontrándose la mayoría en el almacén. Por otra parte, dentro de la bodega se encuentran baño, lavamanos y refrigerador, así como la bomba de aplicación de plaguicidas; la bodega cuenta con acotaciones de 2.87 metros de largo y 1.90 metros de ancho quedando los objetos dentro de la misma a minúscula distancia uno de otro.

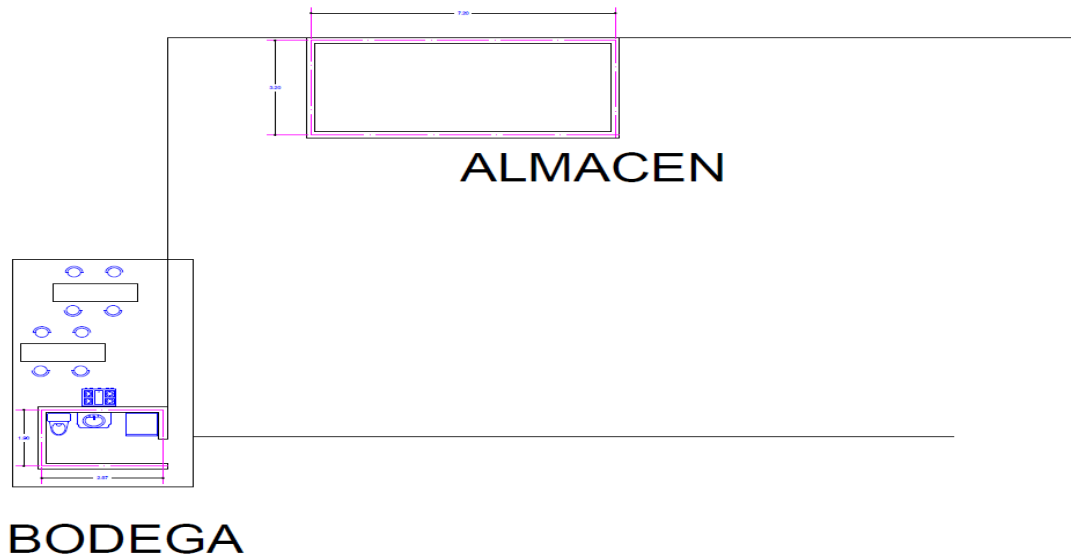


Figura 6. Plano de bodega y almacén

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta al almacén este tiene acotaciones de 7.20 metros de largo y 3.20 metros de ancho, el almacén se encuentra a 10.60 metros del terreno de cultivo y a únicamente 3.30 metros del área de preparación e ingesta de alimentos.

6.3. Inventario

El inventario de los plaguicidas existentes puede ser observado en la Tabla 8. Con la finalidad de mantener orden y control de los mismos; dicho inventario muestra un número de referencia para cada sustancia en donde se indica la fecha en la que se registró el plaguicida y entre corchetes, iniciando con la letra mayúscula “E” el número de estante en donde se encuentre ubicado el plaguicida, así también el tipo de plaguicida que es, el nombre común del ingrediente activo, el nombre comercial del producto, la formulación o concentración de cada uno, el nombre del fabricante o proveedor, el número CAS de cada ingrediente activo, la cantidad de envases primarios existentes, el nombre químico de los ingredientes activos, la fecha de recepción y fecha de vencimiento para cada plaguicida. Se registró un total de 10 envases de plaguicidas existentes, de los cuales algunos tienen la misma función o comparten ingredientes activos. La menor cantidad registrada por unidad es de 750 ml y la mayor cantidad corresponde a 1.25 L, siendo la capacidad volumétrica más común de 1 L. Se puede observar el registro de plaguicidas caducos, tal es el caso del VELSOR 600 cuya fecha de registro fue realizada el día 16 de enero de 2017 y su fecha de caducidad correspondiente al mes de julio de 2015, situación similar para el caso de BIOMEK y Tor-don 101 cuya caducidad de generó en el año 2016.

Tabla 7. Inventario de plaguicidas existentes

N° de Referencia	Tipo de Plaguicida	Nombre común de ingrediente activo	Nombre comercial	Formulación/ Concentración	Fabricante/ Proveedor	No. CAS	Cantidad de envases primarios	Nombre químico	Fecha de recepción	Fecha de vencimiento
Inv. 16/01/17 [E1]	Insecticida y acaricida	Abamectina	ROTAMIK	1.8% ce	Rotam México	71751-41-2	2 envases de 1 L	Abamectina	No registrada	Dic 2017
Inv. 16/01/17 [E1]	Insecticida y acaricida	Metamidofos	VELSOR 600	48.30% ce	Velsimex	10265-92-6	1 envase de 1 L	O,S-Dimetil fosforoamidotoato	No registrada	Julio 2015
Inv. 16/01/17 [E1]	Insecticida y acaricida	Metamidofos	SAGAME T	50.00%	Química Sagal	10265-92-6	1 envase de 1 L	O,S-Dimetil fosforoamidotoato	No registrada	Septiembre 2017
Inv. 16/01/17 [E1]	Insecticida y acaricida	Abamectina	BIOMEK	1.80% ce	GBM	71751-41-2	2 envases de 1 L	Abamectina	No registrada	Abril 2016
Inv. 16/01/17 [E1]	Herbicida	Picloram + 2,4-D	Tor-don 101	10.70% y 38.00%	Dow AgroScienc es	1918-02-1 + 5742-19-8	1 envase de 1 L	Sal triisopropanolamina del ácido 4, amino 6,5,6-tricloropicolínico + sal dietanolamina del ácido 2,4- Diclorofenoxiacético	No registrada	2016
Inv. 16/01/17 [E1]	Fumigante	Fosfuro de aluminio	Phostoxin	56.00%	DEGESCH de México	20859-73-8	Tabletas de 3.0 g en envase de 1 L	Fosfuro de aluminio	Septiembre de 2016	Enero de 2018
Inv. 16/01/17 [E1]	Fungicida	Ametoctradi n + Dimetomorf	Zampro-DM	30.00% y 22.5%	BASF	865318-97-4 + 110488-70-5	4 envases de 1.25 L	5-etil-6-octil [1,2,4] triazolo [1,5-a]pirimidin-7-amina + (E,Z) 4- [3-(4-clorofenil) - 3- (3,4-dimetoxifenil) acrilol] morfolina	No registrada	Agosto 2018

N° de Referencia	Tipo de Plaguicida	Nombre común de ingrediente activo	Nombre comercial	Formulación/ Concentración	Fabricante/ Proveedor	No. CAS	Cantidad de envases primarios	Nombre químico	Fecha de recepción	Fecha de vencimiento
Inv. 16/01/17 [E1]	Insecticida	Spinetoram (Spinetoram J + Spinetoram L)	Palgus	5.87% ce	Dow AgroSciences	187166-40-1 + 187166-15-0	1 envase de 750 ml		No registrada	No registrada
Inv. 16/01/17 [E1]	Herbicida	Glifosato	Velfosato	41.00% ce	Velsimex	38641-94-0	1 envase de 1 L	N-(fosfonometil)-glicocola sal isopropilamina	No registrada	No registrada
Inv. 16/01/17 [E1]	Herbicida	Paraquat	Velquat	25.00% ce	Velsimex	1910-42-5	2 envases de 900 ml	Sal dicloruro de ion 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo.	Agosta 2016	Agosto 2018

Fuente: Elaboración propia

6.5 Identificación

6.5.1. Trabajadores

6.5.1.1. Identificación de peligros existentes

Como resultado de la observación de las diferentes actividades que se realizan en el campo se obtienen los siguientes.

6.5.1.1.1. Aplicación

En esta sección se pudo observar que los trabajadores disponen del equipo especial para evadir los posibles daños en su salud por exposición a plaguicidas. El traje consta de capucha, cubre bocas, guantes y botas; que cumple con lo que pide la norma.

Los trabajadores usan de manera diaria una mascarilla de media cara N95 que tiene una eficiencia de filtrado >95% a un flujo de 50 L/min (Vázquez-garcía *et al.*, 2016). Estas, se encuentran dañadas, rasgadas y en condiciones precarias.





Figura 7. Fotografías durante la aplicación de Paraquat al día 0, 15 y 22 respectivamente

Fuente: Elaboración propia

6.5.1.1.2. Manejo

En el caso del manejo de plaguicidas, se observa que los trabajadores tienen el conocimiento de cómo utilizar dichas sustancias para combatir las plagas, no obstante, no cuentan con el conocimiento de las precauciones que deben de seguir para lograr el uso seguro de agroquímicos así como a su vez desconocen los potenciales daños a la salud que estos provocan, principalmente cuando son manipulados de la manera incorrecta.



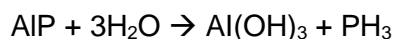


Figura 8. Fotografías del manejo de plaguicidas

Fuente: Elaboración propia

6.5.1.1.3. Transporte

En lo que corresponde al transporte de los plaguicidas a su lugar de destino, es decir el almacén, los plaguicidas se transportaban en envases completamente cerrados y sellados en posición vertical acomodados en cajas de cartón en la cajuela de un carro privado contrario a lo que menciona la NOM-256-SSA1-2012, además de que no cuenta con las señalizaciones correspondientes y establecidas por la Secretaria del Trabajo y Previsión Social (STPS) en la NOM-003-STPS-1999. Durante el periodo de estudio se transportaron 2 envases de 900 ml de Paraquat un herbicida no selectivo de la familia de los bipyridilos que provoca hepatotoxicidad a través del estrés oxidativo (Sharifinasab *et al.*, 2016a); así también, se transportó un único envase de 1 litro con tabletas de 3.0 g de fosforo de aluminio para atacar la invasión de roedores cavadores, por su presentación en tabletas dicho fumigante metálico actúa con la humedad incluyendo la humedad atmosférica o entrando en contacto con ácidos liberando gas fosfina (PH_3) mediante la siguiente reacción, para el caso de las tabletas de 3.0 g, estas tienen la capacidad de liberar aproximadamente 1.0 g de PH_3 (Anand, Binukumar and Gill, 2011):



6.5.1.1.4. Almacenamiento

Las condiciones del almacén en donde se encontraban los plaguicidas se consideran como poco aptas ya que no cumplen con la normatividad descrita en la NOM-003-STPS-1999,

que establece que el almacén debe disponer de equipo en caso de derrames, debe conservarse limpio y ordenado, además de tener señalamientos de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998 en donde se indican las acciones prohibidas en almacén. Se pudo identificar en la fotografía 9 la falta de orden y limpieza, siendo esto clave importante para conocer la disponibilidad de los plaguicidas presentes en el almacén y evitar contaminación por derrames y posibles mezclas involuntarias, así mismo se considera indispensable para evitar la presencia de plaguicidas caducados. Se encontró que algunas de las etiquetas de los plaguicidas se encuentran en idioma inglés.



Figura 9. Almacén de plaguicidas en campo

Fuente: Elaboración propia

6.5.1.2. Encuesta

Se observa el formato de la encuesta realizada mediante una serie de preguntas relacionadas con el uso de plaguicidas a los trabajadores agrícolas en el anexo 03, donde la población total constó únicamente de hombres mayores de edad, por encima de los 30 años. La edad promedio de los encuestados es de 57 años con tiempo de dedicación al oficio variable, desde 4 hasta 60 años. Los siguientes resultados fueron aportados en base a las preguntas realizadas:

- 50% de la población conoce el riesgo causado a su salud por el uso de plaguicidas.
- 100% manifiesta estar satisfecho con el equipo que les es brindado para realizar sus actividades.

- El 100% de la población muestra sentir molestias de dolor de cabeza durante su jornada laboral.
- El 50% de la población encuestada expresó tener problemas digestivos durante su última jornada laboral.
- 25% de la población ha manifestado irritación en piel u ojos.
- El 100% de la muestra afirma que lee las etiquetas de los envases antes de aplicar el producto.
- El 50% de la población demostró tener problemas teratogénicos relacionados con el uso de plaguicidas ya que manifestaron dificultades para tener un embarazo exitoso con sus parejas, así como también comentaron tener hijos con problemas de salud.
- El 50% de la población desconoce que hacer en caso de intoxicación, hacia donde dirigirse y manifestaron que no hay un protocolo de higiene en el centro de trabajo, lo que se contradice con el 100% que asegura tomar una ducha antes de abandonar su zona de trabajo.

6.5.2. Ambiente

6.5.2.1. Análisis de suelo

El análisis de suelo se realizó mediante la toma de tres muestras ubicadas en las siguientes coordenadas geográficas que se muestran en la figura 10:

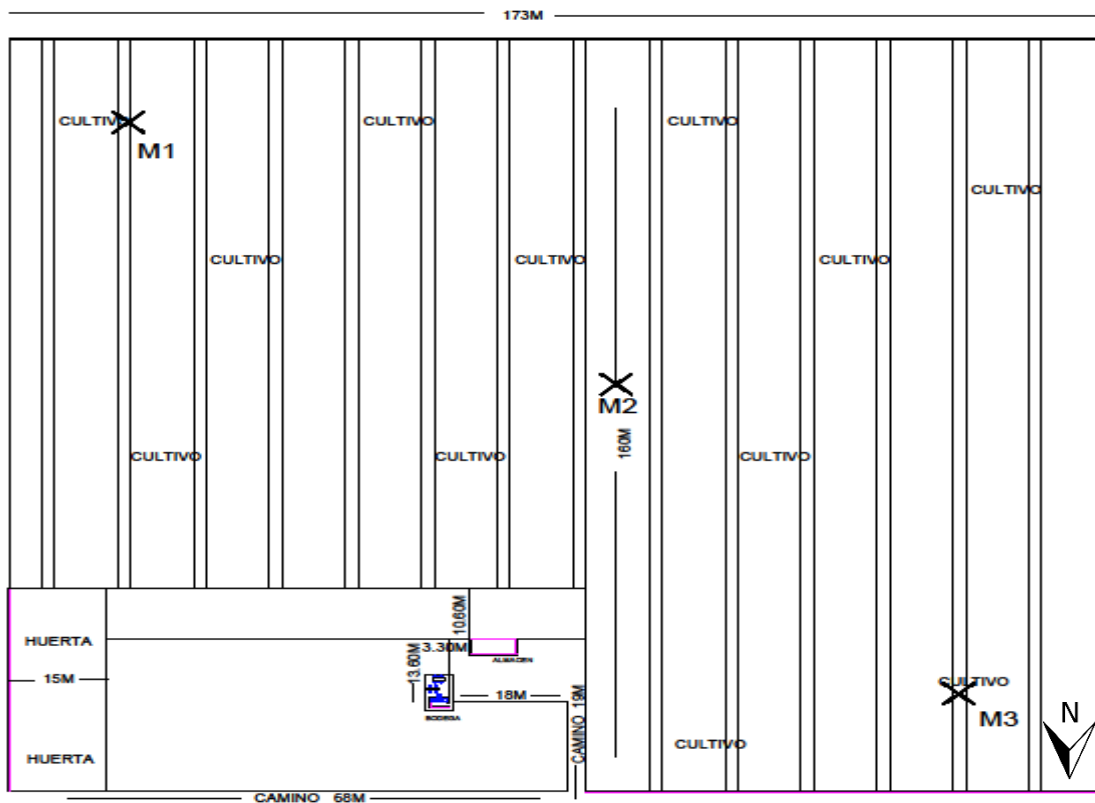


Figura 10. Coordenadas geográficas de las muestras de suelo

(M1: 27°60'48" N, -109°93'17" E; M2: 27°60'54" N, -109°93'22" E; M3: 27°60'61" N, -109°93'27" E)

Fuente: Elaboración propia

Cada muestra tomada fue sometida a un proceso de secado a temperatura ambiente durante 7 días, tiempo en el cual fue evidente la pérdida de humedad en el aspecto del suelo tal y como se observa en la figura 11.



Figura 11. Secado del suelo a los días 1, 4 y 7 respectivamente

Fuente: Elaboración propia

Las muestras se analizaron según el muestreo aleatorio simple. Se tomaron en cuenta distintos límites de detección de plaguicidas organoclorados para cada compuesto desde 0.008 hasta 1 µg/L según el caso para cada compuesto (Anexo 04). La presencia de alpha HCH (α-HCH), hexaclorociclohexano (BHC), lindano, heptacloro, aldrin, isodrin, hepta epox, dieldrin, gama clordano, endosulfan, alfa clordano, endrin, metoxicloro, mirex, p,p'-DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane), p,p'-DDE (dichlorodiphenyldichloroethylene) y p,p'-DDD (dichlorodiphenyldichloroethane) como plaguicidas contaminantes fue analizada y como muestra la tabla 9 se encontró la presencia de p,p'-DDT en la muestra 1 (M1), p,p'-DDT y p,p'-DDE en la muestra 2 (M2) y p,p'-DDE en la muestra 3 (M3) (Cálculos en Anexo 05), compuestos conocidos por su persistencia y capacidad de bioacumulación preexisten en territorios agrícolas, lo que nos da una visión de que la producción agrícola orgánica no es 100% de origen orgánico aunque los compuestos con los que se trate la tierra y los productos finales si lo sean. Ambos de los compuestos sobresalientes se encontraron muy por encima de los límites de detección manejados, siendo predominante el p,p'-DDE, casi 147 veces por encima del L.D (Límite de detección) en una de las muestras.

Tabla 9. Análisis Cuantitativo de los compuestos organoclorados presentes en las muestras de suelo

	M1	M2	M3
DDT	0.46 ppb	0.48 ppb	<L.D
DDE	<L.D	1.32 ppb	0.36 ppb

<L.D., Por debajo de los límites de detección

Fuente: Elaboración propia

6.5.2.2. Análisis de agua

Este se realizó específicamente en agua superficial del Canal bajo, del modo en que se muestra en la figura 12, trasladando la muestra a la ciudad de Hermosillo bajo las condiciones normadas.



Figura 12. Toma de muestra superficial de agua

Fuente: Elaboración propia

La toma de muestra fue realizada a 0.40 km de distancia de la entrada principal del campo como puede observarse en la imagen satelital de la figura 13, obteniendo los siguientes resultados mediante su análisis (Tabla 10).



Figura 13. Imagen satelital de la distancia campo-canal bajo

Fuente: Google earth

Tabla 10. Análisis cuantitativo de los compuestos organoclorados presentes en la muestra de agua

Compuesto	Resultados	
Dieldrin----- μg/L	<L.C	

Aldrin ----- μg/L	<L.C	Prueba (b)
p,p'-DDT ----- μg/L	<L.C	
p,p'-DDE ----- μg/L	<L.C	
p,p'-DDD ----- μg/L	<L.C	
Lindano (gamma HCH) --- μg/L	<L.C	
Hexaclorobenceno ----- μg/L	<L.C	
Heptacloro ----- μg/L	<L.C	
Heptacloro Epóxido ----- μg/L	<L.C	
Metoxicloro ----- μg/L	<L.C	
Clordano ----- μg/L	<L.C	

<L. C. = Menor que el límite de cuantificación; (b) Prueba acreditada (ema, a.c; EPA); μg/L = Microgramos por Litro

Fuente: Elaboración propia

Mediante el análisis de Dieldrin, Aldrin, p,p'-DDT, p,p'-DDE, p,p'-DDD, Lindano (gamma HCH), Hexaclorobenceno, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Metoxicloro, Clordano en base a distintos límites de cuantificación o también llamados cantidad mínima cuantificable (Anexo 06) no pudo demostrarse la presencia de los compuestos antes mencionados, es decir, permanecieron por debajo del límite de cuantificación.

6.5.3. Perfil físico-químico de sustancias

Se elaboró un perfil físico-químico de los compuestos activos correspondientes a los plaguicidas en existencia, siendo estos abamectina, metamidofos, picloram, 2,4-D, fosfuro de aluminio, ametoctadrin, dimetomorf, spinetoram J, spinetoram L, glifosato y paraquat; análisis mediante el cual se pudieron corroborar los efectos agresivos de algunos de estos plaguicidas hacia el ambiente y la salud de los trabajadores del campo. Sin embargo, se prestó principal atención en los efectos del plaguicida paraquat y del fumigante fosfuro de aluminio, debido a su constante uso y manejo durante el tiempo de realización de este estudio.

Ambos plaguicidas son considerados como altamente dañinos para la salud. De hecho, el herbicida paraquat cuyo análisis se muestra en la tabla 11, conocido por sus inusuales propiedades toxicológicas y su posible efecto carcinogénico en humanos, se familiariza con la contaminación acuática principalmente a través de la escorrentía de las tierras de cultivo (solubilidad en agua, 6.2×10^{-5} mg/L a 20 °C); no obstante, la cantidad de paraquat que llega a la superficie del agua es mínima (Sharifinasab *et al.*, 2016) razón por la cual pudo no ser encontrado en el presente estudio, sin embargo las observaciones demostraron el uso excesivo de paraquat y la ausencia de equipo especializado para su uso, situación que mejoró cuando los trabajadores conocieron la relación de dicha sustancia con el Parkinson y otros efectos neurotóxicos. Por otra parte, las observaciones a campo resaltaron la falta de monitoreo y supervisión para el uso de fosforo de aluminio (AIP) manipulado en presentación de pastillas, contaminante utilizado bajo precauciones e instrucciones mínimas, además de ser notoria la poca o nula información que tienen los trabajadores del campo a cerca de los efectos nocivos que tiene el contacto con este contaminante.

Tabla 11. Perfil físico-químico Paraquat

Nombre	Unidad	Referencia
	PARAQUAT	
CAS	4685-14-7	from ChemIDplus, European Chemicals Agency - ECHA, OSHA Occupational Chemical DB, The National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH
Concentracion	25.00%	
Vía de exposicion	inhalación, absorción por la piel, ingestión y por contacto con piel y/u ojos.	The National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH
Toxicidad aguda (DL50)	Toxicidad aguda oral DL50 en ratas 126 mg/kg, cerdos de guinea 22 mg/kg y monos 50 mg/kg. Toxicidad incluyen anorexia, adipsia, diarrea, hiperpnea, disnea, taquicardia, necrosis del hígado, riñón y tracto gastrointestinal con lesiones primarias en los pulmones. Hemorragia pulmonar y edema; la dosis oral letal mas baja reportada en humanos es de 43 mg/kg.	HSDB y EPA
Corrosivo/Irritacion cutanea	Corrosivo para metales. /Causa irritación cutánea.	GHS Hazard Statements
Lesiones oculares graves	Esta sustancia es severamente irritante para los ojos; en caso de exposición ocular, lavar los ojos de manera inmediata con agua tibia por al menos 15 minutos.	National Institute for Occupational Safety and Health
Mutagenicidad	Intraperitoneal en ratones - 50 mg/kg/10 D (Análisis citogenético); pulmón humano - 100 µmol/L/48 H (Daño en el ADN); ascitis tumor/humano - 500 µmol/L (Daño en el ADN).	NIOSH Toxicity Data
Carcinogenicidad	Carcinogenico. Clasificación C; posiblemente carcinogénico en humanos	NJDOH RTK Hazardous Substance List
Toxico a la reproduccion	No representa efectos adversos en la reproducción, según estudios realizados con ratas de ambos sexos.	California Environmental Protection Agency/Department of Pesticide Regulation; Toxicology Data Review Summaries: Paraquat dichloride. Available from, as of March 9, 2010: http://www.cdpr.ca.gov/docs/risk/toxsums/toxsumlist.html
Neurotoxico	En estudios realizados con animales, se observa que la exposición a Paraquat causa algunas modificaciones neuronales e incluso se llega a relacionar la exposición a esta sustancia con enfermedades como el Parkinson, padecimientos neuroinflamatorios y otras neurodeficiencias.	HSDB
Toxicidad aguda acuatica	Muy tóxico para la vida acuática [Peligro agudo - Categoría 1]	European Chemicals Agency - ECHA
Degradabilidad rapida	La degradación microbiana en condiciones aerobias se dá mucho más rápido que en condiciones anaerobias.	Ricketts DC; Pestic Sci 55: 566-614 (1999) (2) Lee SJ et al; J Agric Food Chem 43: 1343-47 (1999) (3) Murray R et al; Environ Toxicol Chem 16: 84-90 (1997) (4) Cheah UB et al; J Agric Food Chem 46: 1217-23 (1998)
Bioacumulacion	BCF: 3.2	http://www.pbtp profiler.net/Results.asp
Potencial daño a la capa de ozono	No presente en la lista de "Ozone depletion potential substances" de la EPA.	https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances#self
Inflamabilidad	No flamable	eChem
Corrosividad	Paraquat es corrosivo para metales	HSDB
Comburente	Oxidante fuerte	HSDB
Solubilidad	En agua, 6.2X10+5 mg/L at 20 °C	HSDB
Volatilidad	Paraquat no es volátil, pero la mayoría de las formulaciones líquidas de paraquat contienen un agente "de mal olor" que ocasionalmente puede causar náuseas o dolores de cabeza.	HSDB
Coefficiente octanol-agua (KOW)	log Kow= -4.22 a pH 7.4	HSDB
Frases H	H290, H301, H310, H311, H315, H319, H330, H335, H372, H400, H410	European Chemicals Agency - ECHA
Frases P	P234, P260, P261, P262, P264, P270, P271, P273, P280, P284, P301+P310, P302+P350, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338, P310, P312, P314, P320, P321, P322, P330, P332+P313, P337+P313, P361, P362, P363, P390, P391, P403+P233, P404, P405 y P501	European Chemicals Agency - ECHA

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Perfil físico-químico Fosforo de aluminio

Nombre	Unidad	Referencia
FOSFURO DE ALUMINIO		
CAS	20859-73-8	
Concentracion	56.00%	from ChemIDplus, European Chemicals Agency - ECHA, OSHA Occupational Chemical DB, The National Institute for Occupational Safety and Health - NIOSH
Via de exposicion	Por inhalación de su aerosol (fosfina) o por ingesta	ILO-ICSC
Toxicidad aguda (DL50)	DL50 en humanos: 20 mg/kg (Súper tóxico)	CAMEO Chemicals
Corrosivo/Irritacion cutanea	Altamente corrosivo al entrar en contacto con agua/ Precaución: irritación o corrosividad en la piel	CAMEO Chemicals
Lesiones oculares graves	Tóxico al contacto con los ojos, si el gas o vapor entra en contacto con los ojos puede causar lesiones severas	CAMEO Chemicals
Mutagenicidad	No hay datos disponibles de la mutagenicidad de este agente	https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?/.temp/~FQazAD:3
Carcinogenicidad	No es clasificado con un carcinogénico humano	HSDB
Toxico a la reproduccion	No se muestra evidencia de que sea potencial agente teratogenico, no se encuentra evidencia de posibles efectos reproductivos en hombres.	ToxNet
Neurotoxico	El menor nivel observable para resultados de neurocomportamiento es de 20 ppm basandose en la reducción de la temperatura corporal y en la disminución de la actividad motora.	EPA
Toxicidad aguda acuatica	Muy tóxico a la vida acuática con efectos prolongados	NITE-CMC
Degradabilidad rapida	Información no disponible	-
Bioacumulacion	Información no disponible	-
Potencial daño a la capa de ozono	No presente en la lista de "Ozone depletion potential substances" de la EPA.	https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/ozone-depleting-substances
Inflamabilidad	No como tal, pero forma gases inflamables. En versión líquida se considera altamente inflamable.	NIOSH
Corrosividad	Puede producir soluciones corrosivas al entrar en contacto con agua.	U.S. Department of Transportation. Emergency response guidebook.
Comburente	En contacto con ácido nítrico puede reaccionar como oxidante.	CAMEO Chemicals
Solubilidad	Insoluble, reacciona	MSDS
Volatilidad	En versión líquida es volatil.	O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. 13th Edition, Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2001., p. 60
Coefficiente octanol-agua (KOW)	Información no disponible	-
Frases H	H260, H300, H315, H319, H371, H400, H410	NITE-CMC
Frases P	P223, P231, P232, P260, P264, P270, P273, P280, P301+P310, P302+P352, P305+P351+P338, P309+P311, P321, P330, P332+P313, P335+P334, P337+P313, P362, P370+P378, P391, P402+P404, P405 y P501	NITE-CMC

Fuente: Elaboración propia

6.6 Inventario de Riesgos y Peligros por el uso de Plaguicidas en la Actividad Agrícola

1	2	3	4	5	6	7-10				11	12	13
Objeto	Operaciones	Peligro	Tipo de riesgo	Objeto Amenazado	Consecuencias	Gravedad				Pb	Pr	Comentarios
Medio ambiente y personas (trabajadores)	Almacenamiento de plaguicidas en la zona agraria	10	Derrames y absorción del suelo además del contacto con la piel	Trabajador agrícola	Contaminación del suelo, quemaduras e irritación en la piel.	A	V	P	C	4	E	Condiciones precarias
	Carga y descarga de envases con producto o vacíos	2 envases de 900 ml	Derrames en el auto privado, inhalación por parte del conductor.	Trabajador y ambiente	Intoxicación del conductor.	3	3	1	3			
	Preparación de plaguicidas para su aplicación	Preparación de herbicida paraquat 200 ml en 20 L de agua	Daño cutáneo e inhalación, por ausencia del equipo adecuado	Trabajador agrícola	Quemaduras, irritación, intoxicación, daños en las vías respiratorias.	1	1	1	3	4	B	A pesar de ser una consecuencia nunca acontecida en el campo agrícola, no se cumple con la norma
						4	2	1	2	5	C	El uso del equipo de protección es mínimo y las condiciones son poco aptas

	Aplicación de plaguicidas	7 aplicaciones de paraquat al total del campo, 2 pastillas de fosforo de aluminio en cada agujero de roedor	Daño cutáneo, inhalación e ingesta accidental por ausencia del equipo adecuado	Trabajador y ambiente	Intoxicación del trabajador por diferentes vías, contaminación del suelo por uso desmedido	4	3	1	2	3	C	No existe control en la cantidad de aplicaciones de plaguicidas
	Eliminación de residuos: plaguicidas y envases	Cero	-	-	-	-	-	-	-	-	A	La eliminación de residuos es correcta a través de la contratación de los servicios de una empresa particular
	Brotos de plagas inesperadas	2: Brote de mosquita blanca, aparición de plaga de topos (roedor)	Inhalación, contacto por mal uso, abuso de aplicación de plaguicida en suelo	Intoxicación	Irritación en la piel, intoxicación.	4	1	1	2	5	E	El control en la aparición de plagas es inadecuado y descontrolado

	Accidentes relacionados	Ninguno	-	-	-	-	-	-	-	2	A	Se registra la ausencia de accidentes en un largo periodo de tiempo
--	-------------------------	---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6.7 Elaboración del programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas

En la tabla 13 se observa el programa de prevención de riesgos de manera detallada:

Objetivo General del programa:

Prevenir, minimizar y/o reducir el impacto del uso de plaguicidas químicos para los trabajadores agrícolas y el medio ambiente.

Objetivos Específicos del programa:

- Identificar los peligros a la salud que causa el mal uso de plaguicidas.
- Identificar los peligros al ambiente que causa el mal uso de plaguicidas.
- Capacitar a los trabajadores agrícolas.

Tabla 13. Programa de prevención de riesgos ambientales y a la salud de los trabajadores agrícolas

Actividades	Acciones	Tiempo
Protección a la salud		
VÍAS RESPIRATORIAS	Comprar mascarillas acordes a las sustancias [Se recomiendan mascarillas de media cara de cartucho intercambiable útiles para vapores orgánicos].	Corto plazo
	Sustituir las mascarillas existentes por las nuevas.	Corto plazo
	Evaluar las mascarillas existentes y dotar al trabajador de ser necesario.	Mediano plazo
VÍA DERMICA	Dotar al trabajador del overol recomendado según la norma	Corto plazo
	Dotar al trabajador de guantes que sirvan como barrera adecuada para la actividad a realizar.	Corto plazo
VIA DIGESTIVA	Construcción y adecuación de regaderas y lava manos para la higiene corporal.	Largo plazo
	Ubicación de un área de consumo de alimentos alejada de la zona de cultivo, como menciona la NOM-026	Largo plazo

BITÁCORA PERSONAL	Registro de los análisis de sangre y orina para cada uno de los trabajadores.	Corto plazo
Protección al ambiente		
AGUA Y SUELO	Capacitar al personal para la aplicación del plaguicida y tener registro de ello.	Corto plazo
	Registro en bitácoras la aplicación donde incluya la cantidad del plaguicida utilizado, el tipo, el número de ocasiones y el terreno.	Corto plazo
	Llevar registro de análisis de suelo, sedimentos y agua	Mediano plazo
ALMACEN	Construir un área para el almacenamiento de plaguicidas el cual cuente con señalización, estantes, tarjas de contención.	Largo plazo
	Realizar un inventario de sustancias químicas para evitar la presencia de caducos.	Cada año
	Contar con equipo de contención de derrames.	Mediano plazo
	Las etiquetas de los plaguicidas deben de encontrarse en el idioma español	Corto plazo
TRANSPORTE	Contar con un vehículo exclusivo para el transporte de plaguicidas que cuente con las indicaciones de la Secretaría de Comunicación y Transporte de la norma 003-SCT-2000 "Norma oficial mexicana, características de las etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias materiales y residuos peligrosos"	Mediano plazo
MANEJO	Capacitar a los trabajadores sobre las consecuencias del uso excesivo y no controlado de los plaguicidas.	Corto plazo

Fuente: Elaboración propia

6.7 Validación del programa

En las siguientes imágenes (Fig. 14) se puede observar la validación de este trabajo de tesis mediante la reunión organizada con trabajadores de diversos campos agrícolas:



Figura 14. Validación del programa con trabajadores

Fuente: Elaboración propia

VII. DISCUSIÓN

- En México, el manejo de plaguicidas se realiza con falta de asesoría técnica y medidas de protección insuficientes, inadecuadas o en muchas ocasiones nulas (Pérez-Herrera et al., 2012); tal es el caso del presente estudio en donde el contacto con los plaguicidas es directo, sin ninguna precaución de por medio.
- Como menciona Reeves et al., (2003), se conoce la capacidad que tienen los plaguicidas para actuar como venenos, es por ello que es importante reforzar la capacitación del personal, supervisar el estado toxicológico de los mismo e incrementar la cultura preventiva y educación sobre los efectos que tienen estas sustancias.
- Diversas investigaciones se han enfocado en los efectos toxicológicos de los plaguicidas en las personas relacionadas con actividades agrícolas (Jouzel et al., 2015; Negatu et al., 2016); sin embargo, durante el presente trabajo de investigación no se encontró alguna investigación que relacionará los efectos en el ambiente y la salud.
- Badii et al., (2015) indican en su estudio que los plaguicidas son compuestos contaminantes habituales en núcleos rurales y por lo tanto existe el riesgo de exposición a estos tóxicos por parte de la población que ahí reside y/o trabaja; sin embargo se comprobó como el ambiente también se encuentra expuesto de manera constante, ya sea por la presencia de plaguicidas persistentes y bioacumulables o por el mal almacenamiento de otros agroquímicos que al caer al suelo pueden provocar accidentes, ya sea por ser volátiles, flamables, corrosivos o tener alguna otra característica típica de muchas de estas sustancias.

VIII. CONCLUSIONES

- Es factible la implementación de un programa de prevención de riesgos en áreas agrícolas y transitar hacia la sustentabilidad.
- Se encuentran plaguicidas organoclorados presentes en el ambiente, específicamente p,p'-DDT y p,p'-DDE en suelo, cuyo uso se encuentra estrictamente restringido en el país desde 1987 por la CICLOPLAFEST.
- Hay ausencia del cumplimiento de la normativa con respecto al equipo de protección personal.
- Hay ausencia capacitación en este campo.
- Hay ausencia de protocolos de limpieza establecidos dentro de este campo.
- Se cumple con contar con trajes especiales para la aplicación y manejo de plaguicidas, sin embargo por cuestiones de comodidad los trabajadores prefieren no utilizarlos.
- Se deja un documento que sirve de evaluación de riesgos, el cual es útil para las autoridades del sector salud, las empresas, la comunidad, los sistemas voluntarios de ayuda y otros sectores del gobierno.
- Las condiciones de almacenamiento son consideradas como riesgosas para la salud y el medio ambiente debido a la falta de orden e higiene.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio para identificar la posible presencia de plaguicidas en aguas profundas.
- Realizar un análisis sobre la presencia e impacto de plaguicidas organofosforados en la zona del Valle del Yaqui.
- Tomar muestras sanguíneas de vecinos de los terrenos de cultivo con la finalidad de conocer su estado de salud y de presentarse algún problema, identificar si se relaciona directamente con el uso de plaguicidas químicos en los campos aledaños a sus hogares.
- Identificar por medio de los estudios correspondientes la posible presencia de plaguicidas en azoteas de edificaciones comerciales o escuelas cercanas a los terrenos de cultivo.
- En casos más específicos se recomienda el desarrollo y elaboración de trajes de protección personal para la aplicación de plaguicidas que sean viables para el tipo de clima del estado de Sonora.

X. REFERENCIAS

- Arce Corrales, M. E., Álvarez Ch., C. R. and Gómez Álvarez, A. (2014) *Sistema para la priorización de sustancias químicas en el sector salud*. 1st edn. Edited by Editorial académica española. Saarbrücken: OmniScriptum GmbH & Co.
- Ayón, R. T., De la Colina, R. A. J., 2015. Interrelaciones Agricultura-Medio Ambiente. In: Instituto de Geografía Tropical ed. 2015. *Bases teóricas y metodológicas para el análisis ambiental en cuba*. La Habana: GEOTECH. Capítulo 4.
- Badii, M. H., Landeros, J., 2015. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT*, (19), pp. 21-34.
- Badii, M. H., Almanza, V. G., Landeros, J., 2015. Plaguicidas: Efectos de los plaguicidas en la fauna silvestre. *CULCyT*. (15), pp. 22-44.
- Bedmar, F., 2011. ¿Qué son los plaguicidas?. *Ciencia hoy*, 21 (122), pp. 11-16.
- Barragán, A., 2016. Recortes y dólar caro amenazan al campo mexicano pese a balanza en positivo. *Economía Hoy*, [en línea] Marzo 07. Disponible: <http://www.economiahoy.mx/economia-eAmexico/noticias/7401384/03/16/Recortes-dolar-caroy-TPP-amenazan-al-campo-mexicano-pese-a-balanza-en-positivo.html> [Consultado 08/III/2016].
- Caldas, E., 2010. El lado oscuro de la comida. Universidad de Brasilia: Brasil.
- Calvo, C. M., Mendoza, M. E., 2012. *Toxicología de los alimentos*. México D. F.: McGraw-Hill.
- Candelaria-Martínez, B., Ruiz-Rosado, O., Pérez-Hernández, P., Vagas-Villamil, L., Martínez-Becerra, Ángel., Flota-Bañuelos, C., 2014. Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1, Veracruz, México. *Cuadernos de Desarrollo rural*. 11 (73), pp. 87-104.
- Cantu-Soto, E. U., Meza-Montenegro, M. M., Valenzuela-Quintanar, A. I., Félix-Fuentes, A., Grajeda-Cota, P., Balderas-Cortes, J. J., Osorio-Rosas, C. L., Acuña-García, G., Aguilar-Apodaca, M. G., 2011. Residues of Organochlorine Pesticides in Soils from the Southern Sonora, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 87, pp. 556-560.
- Castilla Pinedo, Y., González Silva, G., Mercado Martínez, I. D., 2012. Determinación y cuantificación de los niveles de compuestos organoclorados en leche pasteurizada. *Producción + Limpia*. 7, pp. 19-31.
- Chaparro-Nervéz, P., Castañeda-Orjuela, C., 2015. Mortalidad debida a intoxicación por plaguicidas en Colombia entre 1998 y 2011. *Biomédica*, [e-journal] 35, pp. 90-102. Disponible: <<http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2472>> [Consultado 15/II/2016].
- CINU, 2008. ¿Qué es una ONG? [En Línea] Disponible: <http://www.cinu.mx/ongs/index/> [Consultado 24/II/2016].
- Comunidades Europeas, 2009. *Acción Comunitaria sobre plaguicidas: Dirección general de sanidad y de los consumidores*. [pdf] Disponible <http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/index_en.html> [Consultado 26/III/2016].
- Coscollà, C., Yahyaoui, A., Colin, P., Robin, C., Martinon, L., Val, S., Baeza-Squiban, A., Mellouki, A., 2013. Particle size distributions of currently used pesticides in a rural atmosphere of France. *Atmospheric Environmental*. 81 (2013), pp. 32-38.

- Del Puerto, A. M., Suárez, T. S., Palacio, E. D. E., 2014. Effects of pesticides on health and the environment. *Revista de Higiene y Epidemiología*. 52 (3), pp. 372-387.
- Dirección General de Normas, 2016. Consulta del Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas. [En Línea] Disponible: <<http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>> [Consultado 12/III/2016].
- Entolux, 2006. *OHSAS- Sistema de gestión de la seguridad y salud ocupacional*. [En Línea] Disponible: <http://www.entolux.com/page.php?id=63> [Consultado 25/II/2016].
- EPA (Environmental Protection Agency), 2011. Drinking water contaminants. United States Environmental Protection Agency. [En Línea] Disponible: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm> [Consultado 11/III/2016].
- Ertl, H., Butte, W., 2012. Bioaccessibility of pesticides and polychlorinated biphenyls from house dust: *in-vitro* methods and human exposure assessment. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*. 22, pp. 574-583.
- Fait, A., Iversen, B., Tiramani, M., Visentin, S., Maroni, M., 2004. Prevención de los riesgos para la salud derivados del uso de plaguicidas en la agricultura. *Serie protección de la salud de los trabajadores*. 1 (1), pp. 1-36.
- Fonseca, C. J. A., Muñoz, P. N. A., Cleves, L. J. A., 2011. El sistema de gestión de calidad: elemento para la competitividad y la sostenibilidad de la producción agropecuaria colombiana. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2 (1), pp. 9-22.
- Food and Agriculture Organization of the United States (FAO)., 1996. *Cumbre mundial sobre la alimentación*. [pdf] Disponible: <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s6a.htm> [Consultado 04/III/2016].
- García, F., 2004. Integración de sistemas de gestión: Calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales. *Ingeniería Química*. 1 (418), pp. 120-131.
- García, A. M., Ramírez, A., Lacasaña, M., 2002. Pesticide application practices in agricultural workers. *Gaceta Sanitaria*. 16 (3), pp. 236-240.
- Gerber, R., Smit, N. J., Van Vuren, J. H. J., Nakayama, S. M. M., Yohannes, Y. B., Ikenaka, Y., Ishizuka, M., Wepener, V., 2016. Bioaccumulation and human health risk assessment of DDT and other organochlorine pesticides in an apex aquatic predator from a premier conservation area. *Science of The Total Environment*. 550, pp. 522-533.
- Gilden, R. C., Huffling, K., Sattler, B., 2010. Pesticides and Health Risks. *Journal of Obstetric, Gynecologic, & Neonatal Nursing*. 39 (1), pp. 103-110.
- Grupo FS, 2016. Nueva lista de pesticidas aprobados por la Comisión Europea. [En Línea] Disponible: http://www.grupofs.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=78 [Consultado 26/III/2016].
- Guedes, R. N. C., Smagghe, G., Stark, J. D., Desneux, N., 2015. Pesticide-Induced Stress in Arthropod Pests for Optimized Integrated Pest Management Programs. [En Línea] Disponible <ento.annualreviews.org> [Consultado 26/III/2016].
- Guler, G. O., Cakmak, Y. S., Dagli, Z., Aktumsek, A., Ozparlak, H., 2010. Organochlorine pesticide residues in wheat from Konya region, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*. 48 (5), pp. 1218-1221.
- Guzmán-Quilo, M. C., Partanen, T., Chaves-Arce, J., 2015. *Estimación del número de personas trabajadoras expuestas a agentes carcinogénicos y plaguicidas seleccionados en Guatemala*. Heredia: Publicaciones SALTRA.

- Hurtado, A. C., 2014. La actividad agropecuaria y el desarrollo agrícola. *Revista de Ciencias Agrícolas*. Pp. 219-225.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015. *Encuesta nacional de ocupación y empleo*. [En Línea] México: INEGI. Disponible: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/Glosario/paginas/Contenido.aspx?ClvGlo=ehenoe&nombre=003&c=10842&s=est> [Consultado 23/II/2016].
- IPEN a toxics-free future, 2013. *RAPAM: Se sigue a la población a plaguicidas altamente peligrosos para beneficio de empresas transnacionales y nacionales en México*. [En Línea] (03 de Diciembre de 2013) Disponible: <http://www.ipen.org/news/rapam-se-sigue-exponiendo-la-poblaci%C3%B3n-plaguicidas-altamente-peligrosos-para-beneficio-de> [Consultado 24/II/2016].
- Issue brief., 2015. GE Test Fields: From Hawai'i to the Mainland. **En:** GE Test fields and pesticides. Peesticide Action Network.
- Jouzel, J., Prete, G., 2015. Becoming a victim of pesticides: Legal action and its effects on the Mobilisation of affected farmworkers. 57, pp. e63-e80.
- Landrigan, P. J., Goldan, L. R., 2011. Protecting children from pesticides and other toxic chemicals. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. Pp. 119-121.
- Le, C. N. A., Gimenez, G., 2015. Efectos del capital humano en el sector agrícola: Análisis de 12 países de la OCDE. *Regional and Sectoral Economic Studies*. 15 (1), pp. 169-186.
- Lestido, V., Techera, P., 2013. Health promotion for rural populations based on prevention of environmental risks caused by agrochemicals. *Enfermería Montevideo cuidados humanizados*. 1 (3), pp. 187-192.
- Ley Federal del trabajo 2015. (c.5), México: Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión.
- Lowy, C., 2013. La Construcción social de los Sistemas agroalimentarios – Los pesticidas. *X Jornadas de Sociología*. Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires: Buenos Aires.
- Martínez-Valenzuela, C., Gómez-Arroyo, S., 2008. Genotoxic risk in agricultural workers exposed to pesticides. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 23 (4), pp. 185-200.
- Martínez, J., Páez, M., Palencia, M., Peña, M., 2017. Dispositivos de muestreo de plaguicidas en aguas superficiales basados en absorbentes de fibra de vidrio-poli(etileno-co-vinilacetato). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*. 38 (1), pp. 1-12.
- Milby, T. H., West, I., 2014. Problemas de salud pública resultantes del uso de pesticidas. *Salud Pública de México*. 10 (5), pp. 623-630.
- Mínguez-Alarcón, L., Mendiola, J., Torres-Cantero, A. M., 2014. Semen quality and heavy metal and pesticides toxicity. *Revista Salud Ambiental*, 14 (1), pp. 8-19.
- Negatu, B., Kromhout, H., Mekonnen, Y., Vermeulen, R., 2016. Use of chemical pesticides in Ethiopia: A cross-sectional comparative study on knowledge, attitude and practice of farmers and farm workers in three farming systems. *The Annals of Occupational Hygiene*. 60 (5), pp. 551-566.
- NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas- Uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condiciones de seguridad e higiene. México: Diario Oficial de la Federación.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos por tuberías. México: Diario Oficial de la Federación.

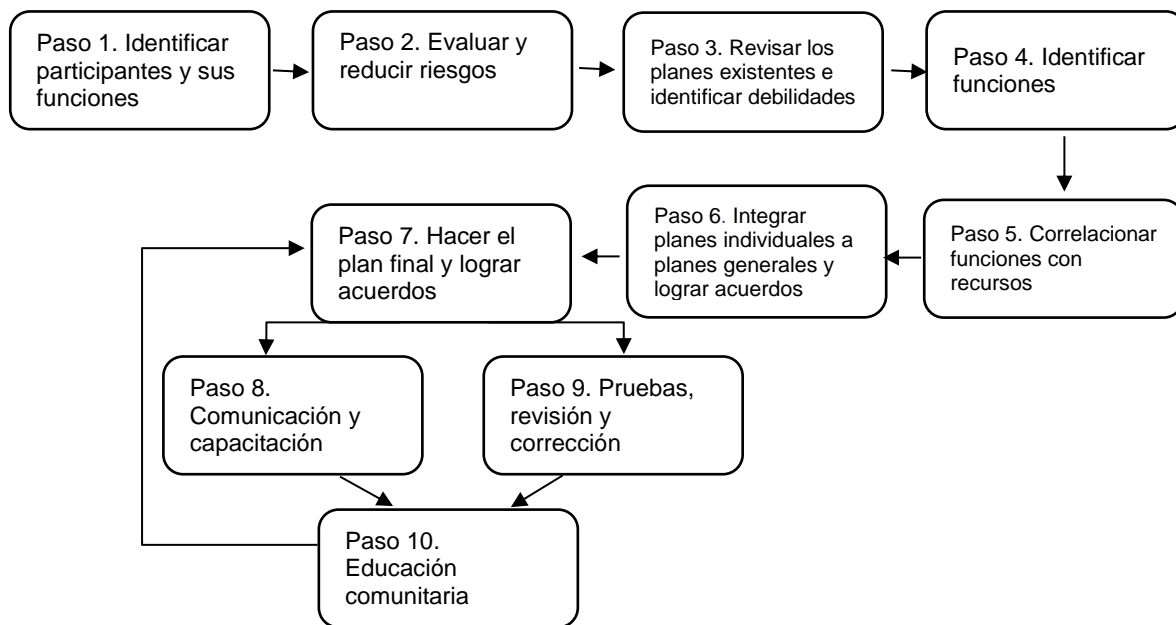
- NOM-256-SSA1-2012, Condiciones sanitarias que deben de cumplir los establecimientos y personal dedicados a los servicios urbanos de control de plagas mediante plaguicidas. México: Diario Oficial de la Federación.
- Oficina General de Epidemiología., 2001. *Metodología para la Evaluación de Riesgos Ambientales de plaguicidas en la actividad agrícola*. [pdf] Lima, Perú: Ministerio de Salud del Perú. Disponible en <http://www.minsa.gob.pe/oge>.
- Olea, N., Fernández, M. F., 2001. Plaguicidas persistentes. **En** *Congreso Implementación del Convenio de Contaminantes Orgánicos Persistentes*. Madrid.
- Ordoñez, A. G., 2015. Programa de concientización para el uso de plaguicidas en la comunidad de productores agrícolas de Butare, municipio Colina, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*, 14 (3), pp. 257-267.
- Organización Panamericana de la Salud, 2003. *Programa de vigilancia, prevención y control para poblaciones expuestas a plaguicidas inhibidores de colinesterasa*. [pdf] Disponible <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/040073/040073-03.pdf> [Consultado 25/III/2016].
- PAN (Pesticide Action Network North America), 2012. *Una generación en peligro- Como es que los pesticidas perjudican la inteligencia y la salud de nuestros niños*. [pdf] Disponible: _____ [Consultado 6/I/2016].
- PAN (Pesticide Action Network International). 2014. PAN Internaitonal Listo f Highly Hazardous Pesticides. Impressum: Hamburg, Germany.
- PAN (Pesticide Action Network North Amercia). 2015. Myths and Facts. **En:** *Pesticide Problem*. <https://www.panna.org/pesticides-big-picture/myths-facts>
- PAN (Pesticide Action Network North America), 2015. The Lynchpin of Industrial Ag. **En:** *Pesticides: The Big Pitecture* <https://www.panna.org/pesticides-big-picture/lynchpin-industrial-ag>.
- PAN y CPR (Pesticide Action Network North America & Californians for pesticide reform), 2015. California Healthy Schools Toolkit: tips and tools for protecting school kids from pesticides. Pp. 1-15.
- Patinha, C. et al., 2017. Long-term application of the organic and inorganic pesticides in vineyards: Environmental record of past use. *Applied Geochemistry*. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088329271730104X>.
- Pérez-Herrera, N. E., Alvarado-Mejía, J. A., Castillo-Burguete, M. T., Gonzalez-Navarrete, R. L., 2012. Efectos reproductivos en agricultores expuestos a plaguicidas en Muna, Yucatán. In: Género, ambiente y contaminación de sustancias químicas. Mexico: SEMARNAT, 79-94.
- Pollán, M., 2013. Breast cancer today: Advances in breast cancer epidemiology. *Mètode Science Studies Journal-Annual Review*. 77 (4), pp. 71-75.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente., 2001. *Hazard Identification in a local community*. [pdf] Disponible: <http://www.pnuma.org/eficienciarecursos/documentos/apellbre.pdf> [Consultado 5/IV/2016].
- Puello, A. E. C., Amador, A. C. E., Luna, R. J. M., 2016. Social determinants of health in indigenous farmers of shelter Zenú. *Revista Salud de la Universidad Industrial de Santander*. 48 (1), pp. 17-26.
- Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, 2016. *Derechos de los trabajadores agrícolas*. [pdf] México: RAPAM. Disponible: <http://www.rapam.org.php56-26.dfw3-2.websitetestlink.com/plaguicidas-2/otros-aspectos/derechos-de-los-trabajadores-agricolas/> [Consultado 23/II/2016].

- Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México, 2016. *Persistencia y bioacumulación de plaguicidas*. [pdf] México: RAPAM. Disponible: <http://www.rapam.org.php56-26.dfw3-2.websitetestlink.com/plaguicidas-2/otros-aspectos/persistencia-y-bioacumulacion-de-plaguicidas/> [Consultado 03/III/2016].
- Red Estatal de Estadísticas Meteorológicas de Sonora, 2016. Disponible: <http://agroson.org.mx/agroson2/agrosos6/> [Consultado 15/XII/2016].
- Reeves, M., Murphy, T., Morales, T. C., 2002. Farmworker Women and Pesticides in California's Central Valley. Pesticide Action Network North America. Pesticide Action Network.
- Reeves, M., Schafer, K. S., 2003. Greater risks, fewer rights: U.S. Farmworkers and pesticides. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 9 (1), pp. 30-39.
- Roberts, J. R., Reigart, J. R., 2013. Recognition and management of pesticide poisonings. Sixth Edition, EPA: United States.
- Ross, J. A., Trueblood, A. B., Donnelly, K. C., Cizmas, L. H., 2015. Household pesticide use in colonias in Webb and Hidalgo Counties, South Texas, as assessed using pesticide inventory. *Texas Public Health Association Journal*. 67 (3), pp. 7-10.
- Santamaría-Ulloa, C., 2009. El impacto de la exposición a plaguicidas sobre la incidencia de cáncer de mama: Evidencia de Costa Rica. *Población y Salud en Mesoamérica*. 7 (1), pp. 1-43.
- Santos-Luna, J., Segura-Osorio, M., Sanmartín-Galvan, D., Pérez-Rodríguez, J., Falconi-Peláez, S., 2015. Efectos de los fungicidas organofosforados y carbamatos en la salud de los escolares. *Revista Ciencia UNEMI*. 8 (16), pp. 62-67.
- Sarwar, M., 2015. The dangers of pesticides associated with public health and preventing of risks. *International journal of bioinformatics and biomedical engineering*. 1 (2), pp. 130-136.
- Schaaf, A. A., 2013. Uso de pesticidas y toxicidad: relevamiento en la zona agrícola de San Vicente, Santa Fe, Argentina. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 4 (2), pp. 323-331.
- Schummer, C., Mothiron, E., Appenzeller, B. M. R., Rizet, A., Wennig, R., Millet, M., 2010. Temporal variations of concentrations of currently used pesticides in the atmosphere of Strasbourg, France. *Environmental Pollution*. 158 (2010), pp. 576-584.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2013. *Plaguicidas*. [En Línea] (Jueves, 27 de Junio de 2013) Disponible: <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/768-sqre-plaguicidas> [Consultado 24/II/2016].
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2015. *Normas Oficiales Mexicanas*. [En Línea] (Martes, 20 de Enero de 2015) Disponible: <http://www.semarnat.mx/leyes-y-normas/normas-oficiales-mexicanas> [Consultado 25/II/2016].
- Segura, M. M. A., 2015. Uso de agroquímicos en la producción intensiva de piña en Costa Rica. *Revista Pensamiento Actual*. 15 (25), pp. 183-195.
- Souza, J., 2013. Los conflictos ambientales en las áreas periurbanas bonaerenses: La utilización de agrotóxicos y la propuesta agroecológica.
- Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)., 2015. *Implementation towards the achievement of the 2020 goal*. [en línea] Disponible:

- http://www.saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=568&Itemid=778 [Consultado 04/III/2016].
- Sutris, J. M., How, V., Sumeri, S. A., Muhammad, M., Sardi, D., Mohd-Mokhtar, M. T., Mohammad, H, Ghazi, H. F., Isa, Z. M., 2016. Genotoxicity following organophosphate pesticides exposure among Orang Asli children living in an agricultural island in Kuala Langat, Selangor, Malaysia. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 7 (1), pp. 42-51.
- Tabares, J., López, Y., 2011. Health and occupational risks due to pesticide handling among agricultural workers in Marinilla, Antioquia, 2009. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 29 (4), pp. 432-444.
- Tortajada-Genaro, L. A., Borrás, E., 2012. Pesticides in the atmosphere: Monitoring emissions and atmospheric degradations. **En:** A. Abrego., E. Lugo de Ortega, eds. 2012. *Pesticides: Characteristics, Uses and Health Implications*. Estados Unidos: Nova Science. Ch. 5.
- Valderrama, J. F. N., Baena, J. A. P., Pérez, F. J. M., 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión en los procesos de degradación natural. *Gestión y Ambiente*. 15 (3), pp. 27-28.
- Vanguardia, 2014. En México se usan plaguicidas prohibidos a escala mundial. *Vanguardia MX*, [En Línea] 29 de septiembre. Disponible <
<http://www.vanguardia.com.mx/enmexicoseusanplaguicidasprohibidosaescaalamundial-2175800.html>> [Consultado 12/III/2016].
- Waliszewski, S. M., Caba, M., Gomez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Martínez, A., Valencia-Quintana, R., Lozano, F. M. E., Regalado, T. M A., 2013. Niveles de plaguicidas organoclorados en habitantes de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. (29), pp. 121-131.
- Watts, M., Williamson, S., 2015. *Replacing Chemicals with Biology: Phasing out highly hazardous pesticides with agroecology*. [pdf] PAN Asia and the Pacific on behalf of PAN International. Disponible: <http://www.panap.net> [Consultado 13/I/2016].
- Zúñiga, V. E., Arellano, G. E., Camarena, O. L., Daesslé, H. W., Von-Glascoe, C., Leyva, A. C., Ruiz, R. B., 2012. Genetic damage and exposure to pesticides among agricultural workers from Valle de San Quintín, Baja California, México. *Revista de salud ambiental*. 12 (2), pp. 93-101.

ANEXOS

ANEXO 01. 10 PASOS DEL PROGRAMA APELL



ANEXO 02. CARTA DE CONSENTIMIENTO Y/O APROBACIÓN

Hermosillo, Sonora. 12 de Febrero de 2016

A: Dra. Nora Elba Munguia Vega
Coordinadora del Programa de Maestria en Sustentabilidad
Universidad de Sonora

Respecto a: Autorización para el desarrollo de un programa de prevención de riesgos por exposición a plaguicidas

Estimada Doctora, a través de esta carta confirmo la aceptación de la estudiante **Ana Lucía Ortega Rulz** para desarrollar un programa de prevención de riesgos por exposición a plaguicidas químicos de uso agrícola, para potencialmente prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos al ambiente y a la salud de los trabajadores agrícolas por la exposición a plaguicidas en las tierras agrícolas pertenecientes al Sr. [REDACTED] ubicadas en [REDACTED]

Se han discutido los beneficios que este proyecto brindará al terreno agrícola y se tiene confianza en el buen desempeño que se tendrá con el fin de promover la sustentabilidad, así como el aprendizaje de una gran cantidad de prácticas durante la estancia de la estudiante.

Aprecio los esfuerzos de divulgación y colaboración del Departamento de Ingeniería Industrial.

Saludos Cordiales,

[REDACTED SIGNATURE]

Nombre del Contacto:	[REDACTED]
Teléfono:	[REDACTED]
Dirección de las tierras:	[REDACTED]

ANEXO 03. ENCUESTA

ENCUESTA DE PERCEPCIONES DE TRABAJADORES AGRICOLAS EXPUESTOS A PLAGUICIDAS

No. Encuesta

Tipo de trabajador: Directo () Indirecto ()

Edad _____ años Peso _____ kg

Hombre () Mujer () Puesto
de trabajo

¿Cuánto tiempo tiene trabajando en _____

el campo? _____ años _____ meses

INSTRUCCIONES: Tache la carita que describa mejor su respuesta

	Mucho	Poco	Muy Poco	Nada
¿Conoce usted los riesgos a la salud que implica el uso de plaguicidas?				
¿Está satisfecho con el equipo que se le ha brindado para realizar su trabajo?				
¿Sufre dolores de cabeza con frecuencia?				
¿Considera que el campo ha cambiado por el uso de productos químicos?				
¿Se encuentra satisfecho con su salud al día de hoy?				
¿Se le ha brindado equipo para desarrollar la actividad que realiza actualmente?				
¿Se siente usted seguro con el equipo que utiliza para realizar su trabajo?				
¿Considera que el equipo que utiliza se encuentra en buenas condiciones?				
¿Toma una ducha antes de llegar a su hogar, después del trabajo?				
¿Cambia su ropa de uso antes de llegar a su hogar, después del trabajo?				

¿Cambia su calzado antes de llegar a su hogar, después del trabajo?



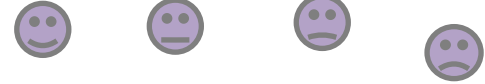
¿Considera que toma las precauciones necesarias para realizar su trabajo?



¿Ha presentado durante su periodo de trabajo problemas digestivos?



¿Qué tan frecuentemente guarda sus alimentos juntamente con los envases de plaguicidas?



¿Qué tan frecuentemente se fija en las instrucciones y etiquetado del producto agroquímico que utiliza?



¿Qué tan frecuentemente ha presentado enfermedades desde que se dedica al trabajo agrícola?



Tache la parte del cuerpo en que haya en la que haya sentido molestias frecuentes en los últimos meses

Pulmones

Cabeza

Ninguna

Nariz

Próstata

Piel

Estómago

Otros: _____

Ojos

INSTRUCCIONES: Responda Si o No según sea el caso

	Si	No
De ser casado: ¿Su esposa ha presentado algún problema para quedar embarazada, durante su embarazo o durante la lactancia?		
¿Tiene hijos que hayan nacido con algún problema de salud?		
¿Ha presentado algún problema de salud como cáncer, aparición de tumor(es), problemas de próstata o de testículos?		
¿Alguna vez ha presentado ronchas u otro problema en la piel por tener contacto con plaguicidas o con productos que ya fueron tratados con los mismos?		
¿Alguna vez ha presentado dificultades para respirar durante su jornada de trabajo?		
¿Alguna vez ha acudido al médico por intoxicación con plaguicidas?		
¿Conoce el centro de salud al que debe de dirigirse en caso de intoxicación por plaguicidas?		
¿Conoce lo que debe de hacer en caso de que uno de sus compañeros sufra de intoxicación con plaguicidas?		
¿Conoce las medidas precautorias que debe de tomar para cada plaguicida que utiliza o con el cual tiene contacto?		

¿Cuenta con un protocolo de higiene para la hora de la comida?		
¿Alguna vez ha contado con un protocolo de higiene para la hora de la comida en alguno de sus trabajos en el campo?		

NOTA: El uso de las respuestas a las preguntas anteriores es exclusivamente con fines de estudio.

La identidad del trabajador permanecerá completamente anónima.

Comentarios

Fecha: _____

Hora: _____

Encuestador: _____

ANEXO 04. LÍMITES DE DETECCIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCORADOS EN ANÁLISIS DE SUELO

Plaguicida organoclorado	Límite de Detección (ppb o µg/L)
α-HCH	0.1
Hexaclorobenceno	1
Lindano	0.11
Heptacloro	0.008
Aldrín	0.1
Isodrín	0.1
Heptacloro epóxido	0.1
Dieldrín	0.009
Gama clordano	0.1
Endosulfán	0.5
α-clordano	0.1
p,p'-DDE	0.009
Endrín	0.5
p,p'-DDD	0.1
p,p'-DDT	0.1
Metoxicloro	1

Mirex	0.1
-------	-----

Fuente: Instituto Tecnológico de Sonora, división de Recursos Naturales.

ANEXO 05. CÁLCULOS PARA ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LOS COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE SUELO

Muestra 1. Presencia de: DDT

Respuesta presentada: 31119472

[Concentración] = 100 ppb

Respuesta estándar para DDT: 1315704001

100 ppb ----- 1315704001

? ----- 31119472 = 2.3652 ppb de DDT en el Reconstituido
(100 µl)

$2.3652 \text{ ppb} = 2.3652 \text{ µg/l}$

2.3652 µg ----- 1000000 µl

? ----- 100 µl = 0.00023 µg de DDT

0.5 g de suelo ----- 0.00023 µg de DDT

1000 g de suelo ----- ? = 0.46 µg de DDT = 0.46 ppb de DDT en suelo

Muestra 2. Presencia de: DDE

Respuesta presentada: 204290755

[Concentración] = 80 ppb

Respuesta estándar para DDE: 2465561928

80 ppb ----- 2465561928

? ----- 204290755 = 6.6286 ppb de DDE en el Reconstituido
(100 µl)

$6.6286 \text{ ppb} = 6.6286 \text{ µg/l}$

6.6286 µg ----- 1000000 µl

? ----- 100 µl = 0.00066 µg de DDE

0.5 g de suelo ----- 0.00066 µg de DDE

1000 g de suelo ----- ? = 1.32 µg de DDT = 1.32 ppb de DDE en suelo

Muestra 2. Presencia de: DDT

Respuesta presentada: 32504756

[Concentración] = 100 ppb

Respuesta estándar para DDT: 1315704001

100 ppb ----- 1315704001

? ----- 32504756 = 2.4705 ppb de DDT en el Reconstituido
(100 µl)

$2.4705 \text{ ppb} = 2.4705 \text{ µg/l}$

2.4705 µg ----- 1000000 µl

? ----- 100 µl = 0.00024 µg de DDT

0.5 g de suelo ----- 0.00024 µg de DDT

1000 g de suelo ----- ? = 0.48 µg de DDT = 0.48 ppb de DDT en suelo

Muestra 3. Presencia de: DDE

Respuesta presentada: 56378901

[Concentración] = 80 ppb

Respuesta estándar para DDE: 2465561928

80 ppb ----- 2465561928

? ----- 56378901 = 1.8293 ppb de DDE en el Reconstituido
(100 µl)

$1.8293 \text{ ppb} = 1.8293 \text{ µg/l}$

1.8293 µg ----- 1000000 µl

? ----- 100 µl = 0.00018 µg de DDE

0.5 g de suelo ----- 0.00018 µg de DDE

1000 g de suelo ----- ? = 0.36 µg de DDT = 0.36 ppb de DDE en suelo

ANEXO 06. LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN ANÁLISIS DE AGUA

Compuesto	Límite de cuantificación/ Cantidad mínima cuantificable
Dieldrin----- µg/L	0,020 8
Aldrin----- µg/L	0,016 0
p,p'-DDT----- µg/L	0,024 1

p,p'-DDE----- µg/L	0,024 1
p,p'-DDD----- µg/L	0,024 1
Lindano (gamma HCH)--- µg/L	0,013 6
Hexaclorobenceno----- µg/L	0,009 6
Heptacloro----- µg/L	0,009 6
Heptacloro Epóxido----- µg/L	0,007 2
Metoxicloro----- µg/L	0,064 0
Clordano----- µg/L	0,200 6

Fuente: Analítica del Noroeste S.A de C.V.