



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
JOSÉ MARTÍ PÉREZ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN TOXICOLÓGICA Y ECOTOXICOLÓGICA EN EL CULTIVO DEL TABACO (*Nicotiana tabacum*. L) EN LA CAMPAÑA 2018-2019 EN EL MUNICIPIO DE CABAIGUÁN.

Autor: Diago Pérez Amador.

Curso 2018-2019



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
JOSÉ MARTÍ PÉREZ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN TOXICOLÓGICA Y ECOTOXICOLÓGICA EN EL CULTIVO DEL TABACO (*Nicotiana tabacum*. L) EN LA CAMPAÑA 2018-2019 EN EL MUNICIPIO DE CABAIGUÁN.

Autor: Diago Pérez Amador

Tutor: Msc. Prof. Aux. Edelbis López Dávila

Curso 2018-2019

SÍNTESIS.

Cabaiguán se encuentra entre los primeros productores de tabaco (*N. tabacum*) en el país, tal condición demanda el uso de cantidades considerables de plaguicidas, necesarios para elevar la calidad y los rendimientos productivos, que, al mismo tiempo, inciden negativamente sobre los humanos y el medio ambiente. Hasta la fecha, no constan estudios sobre la presión (eco)toxicológica de los plaguicidas utilizados en el cultivo del tabaco. Tal realidad, motivó la realización de esta investigación. Además, se evaluó la correspondencia entre los ingredientes activos asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal respecto a los declarados por los campesinos y los encontrados en las muestras recolectadas. Se utilizó el método descriptivo de corte transversal para identificar los riesgos potenciales asociados al uso de pesticidas. Para determinar la (eco)toxicidad se utilizó el indicador dual POCER. Los resultados, evidencian la no correspondencia entre los ingredientes activos declarados por los entrevistados y los asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal para la campaña. (Se usaron diez ingredientes activos no asignados de los 32 declarados); estos son peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. Los organismos acuáticos, las abejas y el trabajador agrícola, son los módulos más afectados. Los compuestos organofosforados ejercen una mayor presión en la (eco)toxicidad, esta puede reducirse o eliminarse usando plaguicidas con menos impacto en el medio ambiente. Los fungicidas fueron los más utilizados y los insecticidas fueron los que mayor impacto (eco)toxicológico tuvieron. El método utilizado nos permitió evaluar el grado de toxicidad de los ingredientes activos y su posible sustitución por otros de similar efecto y menor impacto.

ABSTRACT

Cabaiguan, is one of the first tobacco-producing (*N. tabacum*) village in Cuba, such rank demands considerable quantities of pesticides needed to increase the quality and productive performance which, at the same time fall negatively on human beings and the environment. So far, there is no research on the ecotoxicology pressure of pesticide used in the crops. This reality enhanced the motivation for this research to be done. In addition to it, the correspondence between the active ingredients provided by The Municipal Direction of Vegetal Sanitation with regard to those declared by peasants and those found in the gathered samples were doubtless evaluated. In this work, the cross section descriptive method to identify the potential risk associated to the use of pesticide was also carried out. In order to establish the eco-toxicity, the dual indicator POCER was used. The archived results evidenced the no-correspondence of the active ingredients declared by the interviewee and the ones provided by The Municipal Direction of Vegetal Sanitation for the campaign. Ten active ingredients not provided of the 32 declared were used); these ones are potentially dangerous for the human health as well as the environment. The aquatic living organisms, the bees and the agricultural worker are then the most affected. The organ-phosphoric compounds produce a higher pressure in the eco-toxicity, and this one can be reduced or eliminated using pesticide with less impact on the environment. Fungicide were the most used and insecticide had the highest ecotoxicology impact. The method used in this research allowed the evaluation of toxicity level of the active ingredients and its possible situation by others of similar effect and less impact.

Índice General

Introducción.....	1
Capítulo 1: Revisión Bibliográfica.....	4
1.1 Plaguicidas. Generalidades.....	4
1.1.1 Composición de un producto plaguicida químico.....	5
1.1.2 Clasificación de los plaguicidas químicos	5
1.1.3 Clasificación de la toxicidad.	6
1.2 Carga tóxica. Conceptos y definiciones.....	7
1.2.1 Toxicidad	7
1.2.2 Fitotoxicidad.....	8
1.3 Riesgos medioambientales y sobre la salud humana por plaguicidas químicos.	9
1.4 Legislaciones que regulan el uso, manejo, conservación y almacenamiento de los productos químicos.	12
1.4.1 Almacenaje de plaguicidas.....	13
1.4.2 Convenios Internacionales sobre el uso, manejo, distribución y almacenamiento de los productos plaguicidas químicos.....	13
1.5 Tendencias futuras del uso de plaguicidas.	14
1.6 Uso de plaguicidas en Cuba	15
Capítulo 2: Materiales y Métodos.....	18
2.1 Operación de las variables.....	18
2.2 Evaluación de la toxicidad y ecotoxicidad.....	19
2.2.1 Integración de los índices de riesgo en valores de indicador de riesgo total.	23
2.3 Análisis de muestras.....	24
2.3.1 QuEChERS	26
Procedimiento.....	26
2.4 Procedimientos para el procesamiento de datos.....	27
Capítulo 3: Resultados y Discusión.....	24
3.1 Ingredientes Activos Asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal	24
3.2: Evaluación Tóxica y Ecotóxica.....	29
3.3 Análisis de residualidad química.....	33
Conclusiones.....	37
Recomendaciones.....	38

<i>Bibliografía</i>	39
ANEXOS	44

Índice de Tablas

TABLA 1.1: EFECTOS NOCIVOS DE LOS PLAGUICIDAS EN EL HOMBRE	10
TABLA 2.1: PROMEDIO DEL RECOBRADO, COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV), LÍMITE DE DETECCIÓN (LD), LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN (LOQ) Y EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R ²) DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS EXAMINADOS POR CG-DCE.	25
TABLA 3.1: INGREDIENTES ACTIVOS Y FAMILIAS QUÍMICAS DECLARADAS POR LOS CAMPESINOS Y ASIGNADOS POR SANIDAD VEGETAL.	25
TABLA 3.2: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE I.A. REGISTRADOS Y NO REGISTRADOS	27
TABLA 3.3: INGREDIENTES ACTIVOS DISTRIBUIDOS POR LA DMSV PROHIBIDOS O RESTRINGIDOS POR LA UE Y/O EUA ASÍ COMO SUS EVENTOS ADVERSOS.	27
TABLA 3.4: INGREDIENTES ACTIVOS DECLARADOS POR LOS CAMPESINOS PROHIBIDOS Y/O RESTRINGIDOS DE USO POR LA UE Y LOS EUA, ASÍ COMO SUS EVENTOS ADVERSOS.	29
TABLA 3.5: RESIDUOS DE PLAGUICIDAS DETECTADOS. VALORES INFERIORES AL LÍMITE DE CUANTIFICACIÓN SON REPORTADOS COMO < LC. EL POR CIENTO DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) DEL POR CIENTO DE RECUPERACIÓN ESTÁ ENTRE PARÉNTESIS.	34

Índice de Figuras

FIGURA 1: CONSUMO TOTAL DE I.A. FUENTE: DMSV. CABAIGUÁN. 2018-2019.	24
FIGURA 2: VALORES DE (ECO)TOXICIDAD VS CANTIDAD DE (I.A.) ASIGNADA POR LA DMSV.	30
FIGURA 3: VALORES DE (ECO)TOXICIDAD VS LA CANTIDAD DE (I.A.) UTILIZADOS DECLARADOS POR LOS CAMPESINOS.	31
FIGURA 4: EVALUACIÓN DEL BENEFICIO DEL USO DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (ESCENARIO B) A LA REDUCCIÓN DE LA PRESIÓN TÓXICA (ESCENARIO A) EN EL PERÍODO ESTUDIADO.	32
FIGURA 5: PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE PLAGUICIDAS DE ALTO RIESGO PARA REDUCIR LA PRESIÓN (ECO) TOXICOLÓGICA.	32

Introducción

El uso de productos para la protección de plantas (PPP), se ha convertido en una necesidad básica, para garantizar la cantidad y calidad de la cosecha de muchas plantaciones agrícolas. Los plaguicidas han sido un factor clave en la lucha contra el hambre que padece la humanidad, esto ha permitido el acceso a alimentos de mayor calidad a un amplio sector de la población.

Los plaguicidas son indispensables en la agricultura actual, sin embargo, el efecto perjudicial de estos en los seres humanos y el medio ambiente, es considerable. Afectaciones padecen las aguas, los insectos, las aves y el hombre entre otros. Se estima que un número significativo de envenenamientos en humanos y animales son provocados por estos.

Si bien, el uso de estos productos químicos, favorecen los procesos productivos, también, su inadecuada utilización, la aplicación en tiempos no apropiados y en cultivos en los que no han sido registrados, hacen de estas sustancias un riesgo potencial para la salud humana y para el medio en general, ya que se trata de productos generalmente tóxicos, que pueden permanecer en el producto final que va al consumidor y por ende disminuir su inocuidad.

Los plaguicidas constituyen una de las principales barreras fitosanitarias y su adecuado uso, el mayor reto agrícola de la globalización. Diariamente los organismos internacionales, se vuelven más exigentes respecto a los límites máximos permitidos de plaguicidas en diferentes productos para el consumo humano. La masificación de la producción de alimentos ha desencadenado un uso desmesurado de plaguicidas, con graves implicaciones no solo de residualidad en el alimento, sino de contaminación de fuentes de agua, suelos, aire y demás seres vivos (Jiménez, Rodríguez, Ballester, Porras, & Reyes, 2009).

Los plaguicidas son usados regularmente en cultivos alimenticios y no alimenticios, para controlar plagas y enfermedades. Residuos de plaguicidas, perduran en el tabaco y otros cultivos después de ser tratados. Normalmente los

niveles de residuos, declinan desde la cosecha al secado y procesos adicionales, aunque plaguicidas adicionales pueden ser aplicados al producto final (McDaniel, Solomon, & Malone, 2005). No obstante, varios niveles de residuos pueden permanecer y continuar hasta que el tabaco es fumado (GAO-03-485, 2003).

En el programa de reducción de plaguicidas en Flandes, Bélgica, se desarrolló un señalizador de riesgo de plaguicida para poder evaluar su reducción. El señalizador de riesgo de plaguicida ocupacional y medioambiental (POCER), consta de varios módulos (riesgo de exposición ocupacional, dietético y el riesgo para el ambiente). Cada módulo es evaluado por el uso de índices de riesgos (Vercruysse y Steurbaut 2002).

El cultivo y consumo del tabaco es parte de nuestra cultura e identidad nacional, labrado y consumido por nuestros aborígenes y desarrollado por cientos de generaciones durante más de 500 años.

Según datos de Anuario Estadístico del 2016, las ventas de tabaco en Cuba ascienden a más de 211 millones de dólares al año, que representan en valores el 6,3% del total de las exportaciones.

El municipio de Cabaiguán, dedica al cultivo del tabaco unas 1 200 ha, cosecha unas 1 180 t, y produce unos 6 millones de tabacos anualmente.

Los lineamientos de la política económica y social de nuestro país, aprobados y actualizados en los Congresos VI y VII del Partido Comunista de Cuba respectivamente, expresan la necesidad de impulsar el desarrollo de las actividades tabacalera, cafetalera y apícola, entre otras, para contribuir a la recuperación gradual de las exportaciones. Precisan además la necesidad de estimular la creatividad de los colectivos, para lograr formas productivas ambientalmente sostenibles.

En Cuba, se han introducido paquetes tecnológicos, con el objetivo de extender la productividad de los sistemas agrícolas en los cuales, el uso de plaguicidas es un

componente primordial. Tanto a nivel nacional como provincial, el tabaco es uno de los cultivo que más cargas de plaguicida recibe (Muiño, Fernández, Jiménez, Vázquez-Moreno, & Pérez-Montes Bravo, 2016; Perdomo Hernández, Ramos & López, 2016).

Un estudio previo realizado en el municipio de Cabaiguán (período 2011-2014), confirmó, que el tabaco, fue el cultivo que mayor cantidad de plaguicidas recibió. Se conocen los plaguicidas y las cantidades aplicadas, sin embargo, se desconoce la presión toxicológica y ecotoxicológica ejercida.

Resulta necesario realizar estudios de evaluación (eco)toxicológica, que contribuyan a minimizar la presión contaminante ejercida por los plaguicidas en el cultivo del tabaco

Problema científico.

No existe evidencia sobre la presión ecotoxicológica (medio ambiente) y toxicológica (salud humana) de los plaguicidas utilizados en la campaña tabacalera 2018-2019 en Cabaiguán, Sancti Spíritus.

Hipótesis.

Si se determina la presión toxicológica y ecotoxicológica con el empleo del indicador dual (POCER), entonces permitirá evaluar la presión toxicológica y ecotoxicológica por los plaguicidas utilizados en el cultivo del tabaco en el municipio de Cabaiguán en la campaña 2018-2019.

Objetivo general.

Determinar la presión (eco)toxicológica ejercida por los plaguicidas usados en el cultivo del tabaco en la campaña tabacalera 2018-2019 en el municipio de Cabaiguán.

Capítulo 1

Capítulo 1: Revisión Bibliográfica.

1.1 Plaguicidas. Generalidades.

Las sustancias químicas, utilizadas para el control de plagas y enfermedades en las actividades agropecuarias son denominadas plaguicidas o agrotóxicos. Por el peligro que representan para el medioambiente y la salud humana es importante tener un control estricto del empleo de estas (Vicente, 2018).

El concepto, también considera, las sustancias utilizadas como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de frutas o inhibidores de la germinación y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de las cosechas para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte. El término no incluye normalmente los fertilizantes, nutrientes de origen vegetal o animal, aditivos alimentarios ni medicamentos veterinarios (Taxvig *et al.*, 2013).

Desde el nacimiento y desarrollo de la agricultura, el hombre comenzó a utilizar diversas sustancias que encontró en la naturaleza, unas provenientes del suelo y otras a partir de extractos de plantas silvestres para proteger sus plantas, surgiendo de esa forma los primeros productos plaguicidas (Agrios, 2005).

En la actualidad, la producción y uso de plaguicidas se ha ido incrementando anualmente en un rango del 14 % desde mediados de 1950. En 1990 se estimó que cerca de 25 billones de USD fueron gastados en el año por compras de productos plaguicidas en el mundo.

El uso de plaguicidas crea una serie de problemas para el medio ambiente. Más del 98% de los insecticidas fumigados y del 95% de los herbicidas llegan a un destino diferente del buscado, incluyendo especies vegetales y animales, aire, agua, sedimentos de ríos, mares y alimentos. La deriva de plaguicidas ocurre cuando las partículas de plaguicidas suspendidas en el aire son llevadas por el viento a otras áreas, pudiendo llegar a contaminarlas. Los plaguicidas son una de las causas principales de la contaminación del agua y ciertos plaguicidas son contaminantes orgánicos persistentes que contribuyen a la contaminación atmosférica.

El uso de productos de protección de plantas (PPP) en el mundo, se ha convertido en una necesidad básica para garantizar la cantidad y la calidad de las producciones agrícolas. Los plaguicidas han sido un factor clave en la lucha contra muchas enfermedades de la humanidad y el hambre, que ha permitido el acceso a alimentos a un amplio sector de la población (Hernández, Chailloux, & Ojeda, 2006).

En los últimos 50 años la población mundial ha crecido a un ritmo de 70 millones por año, llegando a la colosal cifra de 8 mil millones de personas en el planeta. En 1850 solo éramos mil millones.

1.1.1 Composición de un producto plaguicida químico.

Los productos plaguicidas químicos presentan un grupo de componentes que en su conjunto ejercen un efecto letal a los organismos plagas, siendo el más importante de ellos el principio activo, sustancia activa o producto técnico. Otros aditivos ingredientes del plaguicida son el disolvente, el emulsionante, el humectante y el adherente. De todos estos elementos que integran la formulación del producto comercial, la sustancia o principio activo es el único que posee las propiedades tóxicas sobre el organismo plaga (Mesnage, Defarge, Vendômois, & Séralini, 2014).

1.1.2 Clasificación de los plaguicidas químicos

El conocimiento de la clasificación de los plaguicidas, nos permite una adecuada identificación de estos, que reduce o evita riesgos durante la transportación, almacenamiento o manejo de estos por el personal facultado o ajeno a ellos.

(Roberts & Routt, 2013) los clasifican de la siguiente forma:

Según su modo de acción.

Se clasifican de la siguiente forma:

De contacto, de ingestión, sistémico, asfixiantes, polivalentes Nematotóxicos y Nematostáticos, para más detalles ver el ANEXO1.

Según su origen:

Naturales: Producidos por la naturaleza (plantas y animales).

Sintéticos: Producidos por el hombre

Según tipo de organismos que controlan:

Insecticida, Acaricida, Fungicida, Herbicida, Nematicida, Molusquicida y Rodenticida.

Según su grupo químico:

Compuestos organoclorados

Compuestos carbamatos

Compuestos organofosforados

Piretroides

Otros

Según su presentación (tipo de formulación).

Líquidos: concentrados emulsionables, soluciones, suspensiones, líquido miscible, etc.

Sólidos: polvos granulados, cebos envenenados, polvos miscibles y polvos solubles.

Otros: flotables, gases licuados, aerosoles, etc.

1.1.3 Clasificación de la toxicidad.**Tipos de exposición.**

La exposición humana está dividida en dos situaciones (aguda y crónica). La toxicidad aguda es el efecto de exposición aguda y se refiere qué tan tóxico un plaguicida es para un organismo después de una exposición a corto plazo. Describe el efecto que aparece típicamente inmediatamente o dentro de 24h después de la exposición. En el caso de la exposición continua para un producto por un individuo, hay una exposición crónica (Morteza, Mousavi, Baghestani, & Aitio, 2017).

Las vías de entrada.

Los plaguicidas pueden ingresar al cuerpo humano de tres formas principales: a través de la piel por contacto, a través de la boca por ingestión y a través de los pulmones por inhalación (Berthet *et al.*, 2014). La vía más común de intoxicaciones por plaguicidas es la absorción a través de la piel. Ocurre como resultado de salpicaduras y derrames al manipular plaguicidas (Macfarlane, Carey, Keegel, El-zaemay, & Fritschi, 2013). La entrada de plaguicidas en el cuerpo a

través de la boca se llama exposición oral. La razón más frecuente de ingestión de plaguicidas es su almacenamiento en embaces de alimentos sin etiquetar.

Cuando los plaguicidas ingresan al cuerpo por inhalación, se pueden producir daños severos en la nariz, la garganta y los tejidos pulmonares. Los vapores y las partículas extremadamente finas de una solución en aerosol causan el mayor potencial de envenenamiento a través de la exposición respiratoria, especialmente cuando se aplican en invernaderos (Sarwar, 2015).

1.2 Carga tóxica. Conceptos y definiciones.

Para entender que es carga tóxica debemos primero conocer los conceptos de toxicidad y fitotoxicidad. Todos los plaguicidas se pueden dividir en diferentes grupos, de acuerdo con su modo de acción (MoA).

Exposición a plaguicidas; exposición del aplicador

Los productores de tabaco, están habitualmente expuestos a altos niveles de plaguicidas, generalmente mucho más altos que los consumidores. Durante el uso de un pesticida, hay tres momentos, donde ocurre la exposición, la preparación del producto para su aplicación (mezcla y carga), la aplicación real y la limpieza del equipo de rociado. Los agricultores también pueden estar expuestos por salpicaduras, contacto directo con la pulverización o incluso derrame. Otro momento de exposición es la entrada a los campos ya tratados con protección más ligera y durante mayor tiempo.

1.2.1 Toxicidad

Es la capacidad de una sustancia o compuesto de producir efectos adversos a un organismo vivo. La toxicidad se evalúa en función de la magnitud y tipo de efectos que ocasiona, de las dosis necesarias para producir esos efectos y de las vías y tiempo de exposición (Roberts & Routt, 2013). Aclarar la diferencia entre toxicidad y riesgo es importante. La toxicidad se refiere a la capacidad tóxica de un pesticida y se expresa en términos cuantitativos, como LD₅₀ o LC₅₀ (dosis letal o concentración a la que un pesticida mata al 50 % de un organismo de referencia). El riesgo (o peligro), depende de la toxicidad del producto y de la exposición durante el uso. Un aplicador, no tiene control sobre la toxicidad de un producto,

pero tiene un control sobre el tiempo de exposición, y por lo tanto, sobre los riesgos asociados con el uso del pesticida (Frank & Ottoboni, 2011).

Los sistemas de clasificación de la OMS, la UE y la EPA de EE. UU, fueron los sistemas más utilizados en el pasado. Cada sistema de clasificación tenía su propio enfoque para evaluar el peligro. Existen muchas inconsistencias en la clasificación y el etiquetado del mismo producto químico entre los diferentes países, o incluso dentro de diferentes sectores en el mismo país (Soares & Almeida, Renan, 2003). Esta falta de uniformidad en la clasificación tiene un impacto sustancial en la protección de la salud humana y el medio ambiente, en el comercio y dificulta la implementación de una gestión adecuada del control químico. En los años ochenta, comenzó el interés por un sistema globalmente armonizado para la clasificación de peligros químicos y la comunicación de peligros (Winder, Azzi, & Wagner, 2005).

1.2.2 Fitotoxicidad

Fitotoxicidad es perjudicar en mayor o menor cuantía la morfofisiología de las plantas cultivables, pudiéndose originar: necrosis, clorosis, deformaciones foliares y de los frutos, aborto floral, marchites y muerte de las plantas (Pino, Sánchez, & Rojas, 2013).

La mayor expresión de esta afectación la llevan a cabo los productos herbicidas; no obstante, una dosis elevada de un producto plaguicida puede conducir a manifestaciones por fitotoxicidad, así como realizar aspersiones foliares en horas del día con alta temperatura o con velocidades del viento altas que acarrearán el desplazamiento del producto hacia otras especies de plantas, en el caso de los productos herbicidas (Agrios, 2005; Roberts & Routt, 2013).

Si bien el uso de productos químicos en la agricultura se reduce a un número limitado de compuestos, la agricultura es una de las pocas actividades donde se descargan deliberadamente en el medio ambiente productos químicos para acabar con algunas formas de vida (JMPR, 2015).

En las cargas ambientales de productos químicos tóxicos figuran compuestos tanto agrícolas como no agrícolas, es difícil separar los efectos ecológicos y sanitarios de los plaguicidas y los debidos a compuestos industriales que de forma

intencionada o accidental se liberan en el medio ambiente. No obstante, hay pruebas abrumadoras de que el uso agrícola de los plaguicidas tiene importantes efectos en la calidad del agua y provoca serias consecuencias ambientales (JMPR, 2015).

1.3 Riesgos medioambientales y sobre la salud humana por plaguicidas químicos.

Cada año ingresan al mercado entre 500 y 1000 nuevas sustancias, generándose entre 300 y 400 millones de toneladas de desechos peligrosos (Rivera, 2015).

Las sustancias químico-tóxicas en el medio ambiente, aparecen como contaminantes del aire, el agua y en alimentos del hombre y animales, los que al ser consumidos actúan como transportadores de productos tóxicos y se van acumulando en los organismos vivos (Silva, 2015).

Los efectos dañinos de los plaguicidas de gran residualidad como los productos organoclorados, pueden originar severas afectaciones en el medio ambiente. En el hombre y en los animales, pueden llegar a originar efectos mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos (la Rosa, Sánchez, & Ortiz, 2014).

El consumo mundial de plaguicidas es de alrededor de dos millones de toneladas por año: el 45% de esta cantidad se usa solo en Europa, el 25% se aplica en los EE. UU y el 25% en el resto del mundo. (la Rosa *et al.*, 2014). El uso de plaguicidas crea una serie de problemas para el medio ambiente. Resulta interesante que más del 98% de los insecticidas fumigados y del 95% de los herbicidas llegan a un destino diferente del buscado, incluyendo especies vegetales y animales, aire, agua, sedimentos de ríos, mares y alimentos.

Existe una amplia prueba de que el uso de plaguicidas puede estar relacionado con cánceres, efectos neurológicos y trastornos respiratorios, reproductivos y del desarrollo fetal. Hay algunas pruebas de que los plaguicidas pueden causar trastornos sensoriales, así como efectos cognitivos, por ejemplo, problemas de lenguaje y problemas de aprendizaje. La mitigación del impacto de los plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente es, por lo tanto, indispensable (Jeger *et al.*, 2018).

La implementación de procedimientos de registro rigurosos para plaguicidas es esencial. En la Unión Europea, esto fue administrado por primera vez por la Directiva 91/414 / CEE de 15 de julio de 1991, que ahora ha sido reemplazada por el Reglamento 1107/2009 de 21 de octubre de 2009. Sin embargo, el registro por sí solo no protegerá el medio ambiente de la ignorancia, derrames o aplicación descuidada. Las buenas prácticas agrícolas cuando se trabaja con plaguicidas, la capacitación agrícola y los servicios de asesoría, son esenciales para proteger al aplicador y al medio ambiente contra los efectos nocivos de los plaguicidas. Es importante usar la menor cantidad posible de plaguicidas (Mekonen *et al.*, 2015).

Es importante conocer el modo de acción de los plaguicidas, para prevenir el desarrollo de resistencia de los organismos a estos. El uso sistemático de plaguicidas con los mismos modos de acción, estimula la aparición y crecimiento de resistencia de las plagas a estos y por consiguiente disminuye su efecto. Este fenómeno, según informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (FAO-PNUMA, 2016), es uno de los 4 problemas ambientales más importantes del mundo. Un artículo de Stuart en 2003 concluyó que en ese momento existían resistencias en aproximadamente 520 especies de insectos y ácaros, un total de casi 150 especies de patógenos de plantas y alrededor de 273 especies de malezas. Debido a esta resistencia en las poblaciones de plagas, a menudo es necesario aumentar la dosis o el número de aplicaciones de los plaguicidas de uso común para mantener el mismo rendimiento de cultivo. Se han hecho esfuerzos infructuosos para hacer frente a este problema. En cambio, el problema continúa aumentando y se extiende a otras especies (National Research Council, 1975).

En la tabla 1.2, se expresan algunos de los efectos nocivos sobre el hombre por el mal uso y manejo de los productos plaguicidas (Pérez, Álvarez, David, & Capote, 2012).

Tabla 1.1: Efectos nocivos de los plaguicidas en el hombre

Efectos sobre el Sistema nervioso Vegetativo (SNV)	Efectos sobre el Sistema Nervioso Central (SNC)
Sudoración	Contracciones en grupos de

Salivación Lagrimeo Contracción de los párpados (miosis) Visión borrosa Broncoespasmos Vértigos Náuseas Vómitos Cefaleas Inconsciencia de heces y orina Debilidad muscular Hiperglicemia Incoordinación del movimiento (ataxia) Convulsiones Disminución de la frecuencia cardíaca Arreflexia Depresión respiratoria Coma	músculos Incoordinación motora Ausencia de respiración por aumento del CO ₂ en los pulmones (Respiración de Cheyne Stokes). Aumento de la frecuencia cardíaca Hipertensión arterial
--	--

1.3.2 Los plaguicidas y el medio ambiente

Según la Agencia Europea para el Medio Ambiente la vertiginosa rapidez de los cambios culturales, tecnológicos, sociales y productivos, implicó la necesidad de frecuentes readaptaciones de la actividad humana en sus múltiples facetas a las mutables exigencias del entorno (Markantonis *et al.*, 2018). El problema ecológico, puesto sobre el tapete desde hace varias décadas como un problema global de la humanidad, adquiere dimensiones particularmente serias, resulta evidente hoy día la necesidad de establecer modelos de desarrollo que tengan como base la sustentabilidad ambiental. Esto significa que la problemática medio ambiental debe convertirse en un objetivo tanto para el gobierno de un país como para todos los agentes económicos (Gawade, Dadarkar, Husain, & Gatne, 2013).

La pérdida de la biodiversidad es uno de los efectos más dramáticos de los plaguicidas. Este efecto se convierte en causa de la aparición de los mismos o nuevas plagas contra las cuales se aplican los mismos o nuevos productos que provocan más pérdidas de biodiversidad y continua el círculo vicioso plaguicidas-plagas. La resistencia de plagas es un fenómeno muy peligroso ya que las fortalece para mantenerse en el agroecosistema y provocar grandes pérdidas. Esto es particularmente peligroso ya que la entidad que se hace resistente no lo

hace a un plaguicida en particular, sino a un mecanismo de acción (Gawade *et al.*, 2013).

Es posible afirmar que, aunque los beneficios de los plaguicidas son claros y tangibles en la producción agrícola, es necesario hacer un buen uso y manejo de los mismos, controlando los riesgos que se originan en todas y cada una de las etapas de su manipulación, los cuales serían perceptibles a la salud humana y al medio ambiente. Vital importancia reviste la capacitación profesional de los productores en los campos, para que conozcan sobre los efectos que producen los insumos que utilizan en sus cosechas y estén en constante interacción con los nuevos saberes agrícolas generados en el país y en el mundo (Séralini *et al.*, 2013).

Jessica Faieta, directora del PNUD para América latina y el Caribe y subsecretaria general de la ONU, comentó al periódico Granma, que el PNUD tiene proyectos vinculados a la protección del medio ambiente, la utilización de los recursos de una manera responsable y al cuidado del ecosistema. Un tema donde Cuba ha evolucionado mucho debido a su enfoque de desarrollo sustentable, sostenibilidad ambiental, y en particular la conservación de la biodiversidad y establecimiento de áreas protegidas como parte del sistema nacional (Pino *et al.*, 2013).

1.4 Legislaciones que regulan el uso, manejo, conservación y almacenamiento de los productos químicos.

La mayoría de los plaguicidas que dispone el país, son comprados a altos precios en el exterior, lo que representa una inversión económica considerable para la protección química de los cultivos.

Por las características climáticas de Cuba, los plaguicidas químicos pueden presentar alteraciones en sus componentes, en particular en las sustancias activas, cuando son ubicados en locales inadecuados para su conservación, corriéndose el riesgo de deteriorar su calidad y originar emanaciones nocivas al ser humano, los animales y las especies vegetales (Roberts & Routt, 2013); siendo necesario adoptar y cumplir las instrucciones y normas de la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal (DNSV) del Ministerio de la Agricultura de Cuba, que

rigen el uso, manejo, conservación y almacenamiento correcto de tales compuestos químicos (Gaceta Oficial de la República de Cuba, 2000).

1.4.1 Almacenaje de plaguicidas.

Los plaguicidas deben almacenarse en una habitación cerrada y bien ventilada que solo se use para el almacenamiento de estos. Nunca deben almacenarse cerca de alimentos o suministros médicos. De esta manera, menos contaminación es posible. El pesticida debe mantenerse en el envase original con la etiqueta y nunca debe transferirse a un contenedor de alimentos. La etiqueta enumera las pautas de uso, los ingredientes y los pasos de primeros auxilios en caso de envenenamiento accidental. Si los plaguicidas se guardan en un contenedor de alimentos, las personas pueden confundir el alimento con algo que comer o beber. La eliminación de los recipientes vacíos de plaguicidas debe hacerse con cuidado. El vertido ilegal de los contenedores tiene un efecto adverso sobre el medio ambiente (Ibitayo, 2006).

1.4.2 Convenios Internacionales sobre el uso, manejo, distribución y almacenamiento de los productos plaguicidas químicos.

Entre los primeros documentos elaborados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se encuentra el Código Internacional de Conducta para la distribución y utilización de los productos plaguicidas (OMS/FAO, 2014). En tal sentido, FAO preparó una serie de lineamientos, con vistas a beneficiar e incrementar la confianza a nivel de la comunidad de naciones en lo referido a la disponibilidad, reglamentación, comercialización y utilización de los productos plaguicidas, para mejorar la agricultura, la salud pública y el bienestar de la humanidad. Una de las funciones del Código fue concebida para la referencia de aquellos países que no disponen de la infraestructura necesaria para reglamentar en sus límites territoriales el consumo y manejo de estos productos químicos, siendo una de las principales dificultades existentes en la actualidad por el posible fomento de riesgos toxicológicos para la humanidad.

Además del trabajo realizado por las diferentes reuniones ambientales internacionales convocadas por Naciones Unidas para propiciar el espacio de desarrollo de estos protocolos y lograr disminuir la carga contaminante del planeta, como parte de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (FAO-PNUMA, 2016), entre estos eventos están presentes:

- El Protocolo de Kyoto.
- El Convenio de Rotterdam
- El Convenio de Basilea.
- El Convenio de Estocolmo.
- La Cumbre de Johannesburgo.

1.5 Tendencias futuras del uso de plaguicidas.

Insecticidas, herbicidas y fungicidas también se aplican intensamente en muchos países, tanto desarrollados como en desarrollo, lo que provoca la contaminación del agua dulce con compuestos carcinógenos y otros venenos que afectan al ser humano y a muchas formas de vida silvestre. Los plaguicidas también reducen la biodiversidad, ya que destruyen hierbas e insectos y con ellos las especies que sirven de alimento a las aves y otros animales (JMPR, 2015).

El uso de plaguicidas se ha incrementado considerablemente a lo largo de los últimos 35 años, alcanzando tasas de crecimiento del 4 al 5,4 por ciento en algunas regiones. En los años noventa se apreció una disminución del uso de insecticidas, tanto en países desarrollados, como Francia, Alemania y el Reino Unido, como en unos cuantos países en desarrollo, como la India. En contraste, el uso de herbicidas continuó aumentando en la mayoría de los países (JMPR, 2015) A medida que aumente la preocupación por la contaminación y la pérdida de biodiversidad, el uso futuro de plaguicidas puede crecer más lentamente que en el pasado (FAO/UNEP, 2015).

En los países desarrollados, su uso se restringe cada vez más mediante leyes e impuestos. Además, su uso será frenado por la creciente demanda de cultivos orgánicos, producidos sin la adición de productos químicos. Es probable que en el futuro aumente el uso de plaguicidas "inteligentes", variedades de cultivos resistentes y métodos ecológicos de control de plagas (FAO/UNEP, 2015).

Por lo que las tendencias futuras diseñadas por la FAO en nuestro país, estarán encaminadas a:

- Desarrollo de compuestos menos tóxicos.
- Desarrollo de formulaciones de menor riesgo.
- Técnicas de aplicación más eficientes.
- Desarrollo de compuestos compatibles con el manejo integrado de plagas (MIP).
- Uso de productos biotecnológicos

1.6 Uso de plaguicidas en Cuba

Actualmente existe un gran consenso en que quizás los plaguicidas están siendo más peligrosos que las plagas, se crean más problemas que los que se pretenden resolver, su uso en general ha contribuido a la alta incidencia de intoxicaciones agudas y muertes que se producen anualmente (Funes, 2007).

Cuba no escapa a esta problemática, aunque la política es impulsar medidas para conservar los recursos naturales, en el empeño por lograr una agricultura con base en el MIP; aunque todavía existan agricultores que emplean agroquímicos como “solución” al aumento de sus producciones sin considerar la importancia del manejo de plagas. (del Puerto, Suárez, & Palacio, 2014).

En la última década del pasado siglo y la primera de este, se ha concebido en los programas de manejo de plagas, el uso de plaguicidas con toxicidad muy baja hacia los seres humanos, selectivos y en pequeñas dosis de uso. Pero esto no es suficiente pues también hay que considerar los efectos crónicos, plaguicidas con baja toxicidad aguda y aplicados a bajas dosis pueden tener efectos nocivos a la salud humana y el ambiente en el largo plazo (del Puerto *et al.*, 2014).

Entre los plaguicidas utilizados en la agricultura cubana, con una toxicidad aguda elevada se encuentran endosulfan, metil-paration y paraquat, responsables de un elevado número de intoxicaciones, así como el metamidofos con un elevado riesgo para la salud de los trabajadores por su acción neurotóxica, mientras que paraquat, zineb y benomil sobresalen por sus efectos sobre la piel, entre otros (Rodríguez & Gómez , 2007).

Con relación a otros países, existe un nivel de organización y exigencia para su uso, acorde a las demandas del cuidado del entorno, la salud humana y la

inocuidad en los alimentos (Vázquez *et al.*, 2008). Unido a esto, un factor importante que provocó la reducción en el uso de estas sustancias; lo constituye el cambio que se presentó después de la desintegración de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), las importaciones se redujeron a 75,45 % produciéndose un desabastecimiento en general de todas las ramas (Rodríguez & Gómez, 2007).

Vásquez y Pérez (2017) plantean que la política del estado respecto al manejo de plagas, no es una simple sustitución de insumos químicos por biológicos y otras alternativas, sino que se está realizando una preparación para llegar a manejar sistemas de cultivos donde la diversidad biológica juegue el papel principal. Entre los factores principales que han favorecido la reducción de plaguicidas en Cuba se encuentra el interés del estado por el desarrollo de estrategias de manejo de plagas ambientalmente seguras. La reducción de las importaciones de plaguicidas comenzó en fecha muy anterior a la promulgación de la ley de Medio Ambiente.

Capítulo 2

Capítulo 2: Materiales y Métodos

Concepción del estudio

El municipio de Cabaiguán está situado en el centro de Cuba, en la provincia de Sancti Spíritus. Limita al norte con el municipio de Yaguajay, al este con Taguasco, al sur Sancti Spíritus, sirviendo de límite el río Tuinicú, al suroeste con Fomento y al oeste y noroeste con Placetas, provincia de Villa Clara.

Se extiende por 597 kilómetros cuadrados, con una población algo superior a los 67 mil habitantes, de los cuales residen en la cabecera municipal unos 32 mil.

Prevalecen los suelos pardos con carbonatos, tienen topografía estabilizada, y buena estabilidad estructural, velocidad de infiltración adecuada, y buena retención de humedad.

La economía es esencialmente agrícola, debido a la fertilidad de sus suelos, con una gran diversidad de cultivos, siendo el tabaco el más importante entre estos. También tiene gran peso la ganadería, especialmente la vacuna, la porcina y la avícola. Ocupa un lugar de gran importancia económica la producción de habanos, existiendo dos fábricas, una en la cabecera municipal y otra en Guayos, destacándose las marcas Cohiba, Montecristo, Romeo y Julieta.

Los elementos expuestos, justifican el diseño de un estudio descriptivo transversal en el municipio de Cabaiguán, para conocer los posibles riesgos sobre el medio ambiente y la salud humana que puede ocasionar el uso de los plaguicidas sintéticos en el cultivo del tabaco durante la campaña 2018-2019. Se confeccionó una base de datos de todos los plaguicidas asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal (DMSV) para el cultivo del tabaco (ANEXO 3).

2.1 Operación de las variables

Para dar salida a los objetivos de la investigación, se tuvieron en cuenta las variables: naturaleza química, forma de presentación, toxicidad en mamíferos, toxicidad en abejas, toxicidad en peces, función biológica, las cuales están desglosadas en el (ANEXO 2).

Adicionalmente utilizando un modelo de cuestionario (ANEXO 8) se entrevistaron 354 campesinos para conocer que plaguicidas usaron y correlacionar los mismos

con los expedidos por la DMSV. Para el cálculo del tamaño de muestra se empleó la metodología establecida por Cochran (1977) para un tamaño de la población 4495, con un nivel de confianza del 95 % y un margen máximo de error del 5 %. Posteriormente se procedió a la clasificación de los mismos según las escalas establecidas en el (ANEXO 2), y se registraron los consumos por producto y función biológica (ANEXO 3).

Se compiló una base de datos de todos los plaguicidas asignados durante el período de estudio. Adicionalmente se compilaron los datos de los valores de referencia toxicológicos por sus siglas en inglés [*no observed adverse effect level* (NOAEL), *adverse observed effect level* (AOEL), *acceptable daily intake* (ADI), *acute reference doses* (ARfD) *persistence in soil (half-life, DT₅₀)*, *effect concentration* (EC₅₀), *no observed effect concentration* (NOEC), *lethal doses* (LD₅₀) y *lethal concentration* (LC₅₀)] en humanos, organismos terrestres y acuáticos. Se utilizaron los criterios de clasificación de peligros de la Organización Mundial de la Salud (OMS/FAO, 2014).

2.2 Evaluación de la toxicidad y ecotoxicidad

En POCER, los índices de riesgo (IR) para la salud humana y el medio ambiente se calculan como la relación entre la concentración ambiental predicha (CAP) y un valor de referencia toxicológico, como un nivel de exposición aceptable para el operador, por sus siglas en inglés (AOEL). Después de evaluar los parámetros de riesgo relevantes, los cálculos de POCER pueden realizarse insertando los parámetros (ecuación 1-10) en el modelo, lo que da como resultado diez valores, uno para cada uno de los compartimentos humanos y ambientales (Claeys, Vagenende, De EMet, Lelieur, & Steurbaut, 2005). Los valores de IR calculados se transforman logarítmicamente, y se establecen puntos de referencia entre un límite inferior y un límite superior, lo que da como resultado un valor adimensional entre 0 y 1 para cada compartimento, donde 0 indica un riesgo bajo y 1 indica un alto riesgo de exposición (Vercruysse & Steurbaut, 2002; Wustenberghs *et al.*, 2012). En POCER, el riesgo total para la exposición humana y ambiental se calcula sumando los valores de los diferentes componentes, asumiendo que todos los componentes son igualmente importantes. El riesgo para los humanos es, por lo

tanto, la suma del riesgo para el aplicador, el trabajador, el residente, y el espectador. El riesgo para el medio ambiente se calcula como la suma del riesgo de persistencia, la lixiviación a aguas subterráneas, organismos acuáticos, aves, lombrices de tierra y abejas. Las fórmulas de cálculo para cada módulo se describen a continuación:

Operador

El riesgo de exposición de los operadores de plaguicida en el señalizador POCER es realizada con el Operador Profético Europeo denominado Modelo de Exposición EUROPOEM. El índice de riesgo para operadores de plaguicida (IR Operador) se calcula con EUROPOEM en la ecuación (1) como el cociente de la exposición interna, y el nivel aceptable de exposición del operador (AOEL).

$$\text{Operador } IR_{\text{operador}} = \frac{EI_{\text{operador}}}{\text{AOEL}} \quad (1)$$

E I = exposición interna durante la mezcla/carga y aplicación ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

AOEL = nivel aceptable de exposición del operador ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

Trabajador

La exposición interna debe estar dividida por el peso del cuerpo humano del trabajador (por defecto = 70 kg) desde que el AOEL es expresado en (mg kg día).

El índice de riesgo para trabajadores se calcula en la ecuación (2).

$$\text{Trabajador/ trabajador de reentrada } RI_{\text{trabajador}} = \frac{ED * Ab_{de}}{\text{AOEL}} \quad (2)$$

ED = exposición dérmica ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

Ab_{de} = absorción dérmica (–)

Transeúnte

En la mayoría de los casos la exposición del transeúnte ocurrirá por el contacto aéreo durante el proceso aplicativo. Asumiendo que los transeúntes están localizados a una distancia de 8 m a favor del viento del campo tratado, entonces podría haber una absorción dérmica o por inhalación. El índice de riesgo para el transeúnte se calcula en la ecuación (3).

$$\text{El transeúnte } RI_{\text{circunstante}} = \frac{ED * Ab_{de} + I * Ab_i}{\text{BW} * \text{AOEL}} \quad (3)$$

ED = exposición dérmica ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

I = exposición a la inhalación ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

Ab_i = Absorción por inhalación (–)

BW= Peso del Cuerpo

Residente

La exposición de los residentes es prácticamente depreciable si se asume que los mismos no participan en ninguna actividad relacionada con el empleo de plaguicidas sobre los cultivos. Tendrían que existir condiciones climáticas muy específicas (el viento) y que la vivienda se encuentre muy cerca del campo tratado para considerar algún tipo de absorción por parte de los residentes. El índice de riesgo para el residente se calcula en la ecuación 4.

$$\text{Residente } RI_{\text{residente}} = \frac{ED * Ab_{de} + I * Ab_i}{AOEL}$$

(4)

ED = exposición dérmica ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

I = exposición a la inhalación ($\text{mg kg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

Ab_i = Absorción por inhalación (–)

Ab_{de} = absorción dérmica (–)

Organismos acuáticos

La exposición de organismos acuáticos es causada primordialmente por el escurrimiento de los plaguicidas. En la ecuación (5) se calcula el cociente de predicción de la concentración (PC) superficial y la norma mínima para tres grupos de organismos (peces, dafnias y crustáceos).

$$\text{Organismos acuáticos } IR_{\text{organismos acuáticos}} = \frac{PC_{\text{superficial organismos acuáticos}}}{\text{norma mínima}_{(\text{organismos acuáticos})}} \quad (5)$$

PC superficial organismos acuáticos. = predicción de la concentración en el agua superficial (g litro^{-1})

Norma mínima (organismos acuáticos.) = valores bajos de toxicidad para tres grupos de organismos (peces, dafnias y crustáceos) (g litro^{-1})

Aves

Las aves pueden ser expuestas a plaguicidas al recolectar alimentos en un campo tratado. El IR en aves es calculado en la ecuación (6). El factor 10 es

establecido por el Informe Principal del Centro de Intercambio de Productos Básicos).

- Aves

$$IR_{aves} = \frac{CEP_{aves} * 10}{DL_{50} * BW}$$

(6)

CEP_{aves} = concentración total diaria estimada de plaguicida en aves (mg día⁻¹)

DL_{50} = dosis letal para el 50 % de la población (mg kg⁻¹ día⁻¹)

BW = peso del cuerpo (incumplimiento = 0.01 kg)

Abejas

El IR para las abejas solo existe cuando los plaguicidas son aplicados. En la ecuación (7) se calcula el índice de riesgo para las abejas. El factor 50 es establecido por el Informe Principal del Centro de Intercambio de Productos Básicos.

- Abejas

$$IR_{abejas} = \frac{DA}{DL_{50} * 50}$$

(7)

DA = Dosis de Aplicación (g ha⁻¹)

DL_{50} = dosis letal para el 50 % de la población (µg abeja⁻¹)

Lombrices

El índice de riesgo para lombrices se calcula usando la ecuación (8). El factor 10 es establecido por el Informe Principal del Centro de Intercambio de Productos Básicos. Para la estimación inicial de la Concentración Estimada de Plaguicida en el suelo (CEP_{suelo} en el suelo), se asume que el plaguicida se concentra en los 5 primeros centímetros del terreno.

$$Lombrices IR_{lombrices} = \frac{CEP_{suelo} * 10}{CL_{50}} \quad (8)$$

CEP_{suelo} = concentración estimada de plaguicida en el suelo (mg kg⁻¹)

CL_{50} = concentración letal para el 50 % de la población (mg kg⁻¹)

Persistencia en el suelo

En el ANEXO VI de 91/414/EC (Directivo Europeo) es indicado que ninguna autorización de un producto de protección de la planta es concedida si el TD_{50} del plaguicida en terreno es más que 90 días. En los Países Bajos ninguna autorización es concedida si el DT_{50} del plaguicida en el terreno es más que 180

días. Estos dos principios son incorporados en el índice de riesgo para la persistencia en el suelo representado en la ecuación (9).

$$\text{IR}_{\text{persistencia}} = 10^{\left(\frac{\text{TD}_{50}}{90} - 1\right) * 2} \quad (9)$$

TD₅₀ = tiempo en que desaparecen el 50 % de los plaguicidas (días)

Agua subterránea.

De acuerdo con los Principios Uniformes de la Unión Europea, la concentración del (i.a.) de un plaguicida en el agua subterránea debe ser inferior a 0.1 mg / l. Los índices de riesgo para el agua subterránea se calculan utilizando la ecuación (10).

$$\text{RI}_{\text{agua subterránea}} = \frac{\text{CEP}_{\text{agua subterránea}}}{0.1} \quad (10)$$

CEP_{subterránea} = concentración estimada de plaguicida en el agua subterránea (µg l⁻¹)

0.1 = límite de agua potable europeo (µg l⁻¹)

2.2.1 Integración de los índices de riesgo en valores de indicador de riesgo total.

Para la integración de los indicadores de riesgo ha sido seguido el método general desarrollado por Beinat y Van den Berg. Este método describe la medida en que se excede un índice elegido como un valor numérico adimensional. En primer lugar, un límite inferior (LI) y un límite superior (LS) tienen que establecerse para las diez ecuaciones de riesgo. Los plaguicidas con un valor de índice de riesgo por debajo del límite inferior indican un bajo riesgo 0, mientras que cuando el límite superior se excede, se espera un alto valor de riesgo 1. Los plaguicidas con un índice de riesgo inferior a 1 cumplen los criterios formulados en el Principio Uniforme de la Directiva 91/414 / CE. En segundo lugar, los valores relativos del IR+, LI+ y LS+ se calculan dividiendo respectivamente en la ecuación 11.

$$X_{\text{Transformado}} = \log\left(1 + \frac{1}{X}\right) \quad (11)$$

Dónde: X= IR+, LI+ y LS+

En tercer lugar, el riesgo de un plaguicida para los diferentes componentes está relacionado con la medida en que el menor límite se ha superado. En la ecuación 12 se calcula el factor de excedencia

$$FE = \left(\frac{X_{\text{Transformado}} - LL_{\text{Transformado}}}{UL_{\text{Transformado}} - LL_{\text{Transformado}}} \right)$$

(12)

Los valores del factor de excedencia (FE) inferiores o iguales a 0 se establecen en 0 e indican un bajo riesgo, los valores de FE mayores o iguales a 1 se establecen en 1 e indican un alto riesgo. Se encuentra un riesgo intermedio para los valores entre 0 y 1. Con el método general mencionado anteriormente, el riesgo de plaguicida a un componente particular se expresa como un valor adimensional entre 0 y 1. El riesgo total de un plaguicida para el hombre y el medio ambiente se calcula sumando los valores de los diez componentes asumiendo que todos los componentes son igualmente importantes. Así, utilizando el indicador POCER para calcular el riesgo total de un plaguicida para el hombre y el entorno proporcionará un valor de 0 a 10.

2.3 Análisis de muestras

Un total de 14 muestras de hojas de tabaco, recolectadas en los aposentos de 14 productores del municipio de Cabaiguán fueron analizadas por cromatografía gaseosa y líquida para sondear la posible presencia de trazas plaguicidas. De esta forma podrían correlacionarse las trazas y los productos aplicados.

El cromatógrafo de gas utilizado es un Agilent Technologies 6890N equipado con un inyector automático de Serie 7683 Agilent Technologies, acoplado a un detector de captura electrónica (CG-DCE). La separación fue realizada en una columna capilar HP-5MS (fenil metil siloxano 5 %, 30 m × 0,25 mm, 0,25 μm). Las condiciones de operación fueron: temperatura inicial de la columna 60 °C, luego la temperatura del horno es aumentada en una razón de 20 °C min⁻¹ hasta 150 °C. Posteriormente es aumentado en una razón de 15 °C min⁻¹ hasta 250 °C, se mantiene 2 min en 250 °C. A continuación, se incrementa en una razón de 30 °C min⁻¹ hasta 270 °C y se mantiene constante por 10 min a 270 °C. Finalmente, es aumentado en una razón de 30 °C min⁻¹ hasta 280 ° y mantenida por 11 min. La temperatura de inyector y el detector son mantenidos en 200 °C y 250 °C, respectivamente. El helio es utilizado como gas de transporte a una tasa de flujo de 1,1 mL min⁻¹ y las inyecciones se hacen en el modo de corte a una proporción de 52,7:1.

Para evaluar selectividad, soluciones individuales fueron inyectadas, seguidos por una mezcla de las soluciones normales, y por una mezcla de i.a. formulada. Pruebas en blanco fueron desarrolladas (n = 3) siguiendo el método analítico de extracción para revisar la ausencia de picos de interferencia bajo las mismas condiciones acerca de productos de degradación, impurezas y efectos de matriz. La exactitud es evaluada usando el método de recuperación de placebo (Lozowicka, Rutkowska, & Hrynko, 2015). La referencia de tabaco es inyectada a una concentración (100 µl x 10 mg l⁻¹) para determinar la recuperación a la máxima cantidad de i.a. esperados. Las muestras son analizadas bajo las mismas condiciones y la proporción de la cantidad calculada para la cantidad esperada expresada como un porcentaje, se usa para evaluar la recuperación.

La linealidad de cada i.a. fue determinada usando las regresiones lineales de la curva de calibración de cinco niveles de concentración entre 0,004 y 0,1 mg l⁻¹ para cada i.a. y se calculó el coeficiente de determinación (R²). La repetitividad es evaluada por el coeficiente de variación (CV) de la medida de cada concentración estándar y cada i.a. Los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) son determinados usando el método del t_{99sLLMV} (Bernal, 2014). Los LD y LC para los i.a. analizados están presentes en tabla 2.1.

Tabla 2.1: Promedio del recobrado, coeficiente de variación (CV), límite de detección (LD), límite de cuantificación (LOQ) y el coeficiente de determinación (R²) de los ingredientes activos examinados por CG-DCE.

Ingrediente activo	LD (µg l⁻¹)	LC (µg l⁻¹)	R²
Clorotalonilo	0,003	0,01	0,9998
Alaclor	0,003	0,01	0,9998
Endosulfán	0,003	0,01	0,9994
Bifentrina	0,003	0,01	0,9995
Cipermetrina	0,003	0,01	0,9982

Los porcentos de recobrado de los i.a. analizados por CG-DCE y CL- EM/EM están en la tabla 3.5. Los porcentos de recuperaciones del tabaco son sistemáticas bajas y necesitan ser corregidas. Los valores obtenidos se corrigieron para recuperaciones por debajo de 70 % o por encima de 120 %. La dilución hecha durante la preparación de muestra es también tomada en consideración en

los cálculos. Las recuperaciones de plaguicidas en tabaco fueron en general baja debido a la interferencia o los efectos de matriz (Scholz *et al.*, 2018).

La cromatografía líquida se realizó en un Waters ACQUITY UPLC™, equipado con una bomba cuaternaria. La columna de separación, un Acquity UPLC BEH C18, 130 Å, 1,7 µm, 2,1 mm X 50 mm, es mantenida a 40 °C. Un inyector automático está dispuesto a inyectar 10 µl por muestra. Los componentes móviles de fase son (A) agua de Milliq con 0,1 % de ácido fórmico y (B) acetonitrilo con 0,1 % de ácido fórmico. El gradiente usado es ajustado a una tasa de flujo de 0,4 mL min⁻¹ de 98 % de fase móvil A por 0,25 min. De 0,25 min a 7 min, es usado un gradiente lineal a 98 % de fase móvil B, el cual es mantenido por 1 min. Luego, se usa un gradiente lineal de 98 % fase móvil A y mantenido por 1 min. La prueba analizada se realiza usando un triple sistema cuadrupolo con ionización electro espray (la detección del espectrómetro de masa (Waters Xevo® TQD; Waters, Zellik, Bélgica). La aguja capilar es mantenida en +2 kV. Para la operación en el modo MS/Ms, los siguientes parámetros son fijados: gas de corte (N₂) en 7 bar; temperatura 500 °C.

2.3.1 QuEChERS

Para el análisis de las hojas de tabaco, se usó el método QuEChERS; es el acrónimo en inglés de "*Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged & Safe*" lo cual significa en español "Rápido, Fácil, Barato, Efectivo, Robusto y Seguro", el cual brinda un acercamiento analítico altamente beneficioso que simplifica el análisis de múltiples residuos de plaguicidas en frutas, verduras, cereales y productos elaborados. El método de QUEChERS abarca un número de pasos analíticos simples y será, por consiguiente, rápido y fácil para implementar y no es susceptible a los errores. Los QUEChERS ofrecen altas recuperaciones para un rango muy amplio de plaguicidas perteneciendo a clases químicas diferentes (Yan-bo *et al.*, 2015).

Procedimiento

Dos gramos de la muestra homogénea son adicionados en tubos con tapa de centrifuga de Teflón de 50 ml. Se agrega agua Milliq hasta que el peso de la muestra sea diez gramos. Después 15 ml de acetonitrilo (ACN) (provenientes de

VWR Prolabo, Bélgica) es añadido a las muestras. Para extraer los co-extractos contaminantes se añadieron las siguientes sales de extracción (provenientes de Sigma Aldrich, Bélgica) a las muestras: 1,5 g NaCl, 1,5 g Na₃HCitrato dihidratado, 0,750 g Na₂HCitrato sesquihidratado y 6,0 g MgSO₄. La adición de estas sales causa una reducción del ruido en los cromatogramas. Las muestras se mezclan para 5 minutos a 300 rpm. Luego son centrifugadas por 5 min a 10 000 rpm en la centrifugadora (Eppendorf, Bélgica).

El cambio de solvente es diferente en las muestras para el cromatógrafo líquido con detector de espectrometría de masa (CL-EM/EM) respecto a la cromatografía gaseosa con detector de captura electrónica (CG-DCE). En el caso de los CL-EM/EM se toma 1 ml de la capa superior del tubo es añadido a un frasco volumétrico de 10 ml; 9 ml de agua Milliq es añadida al frasco de 10 ml. Esto diluye 10 veces la muestra. La mezcla se diluye bien para obtener una solución homogénea. Una submuestra de +/- 1,5 ml es pipeteada a un vial de CL-EM/EM. En el caso de la CG-DCE se toman 5 ml de la capa superior del tubo y son añadidos a un balón de evaporación. El solvente (ACN) es evaporado en el rotavapor (Buchi SL 200, Alemania). 5 ml de hexano es añadido a los balones. Una submuestra de +/- 1,5 ml son pipeteados a un vial de CG-DCE.

2.4 Procedimientos para el procesamiento de datos

Los datos de todas las variables fueron resumidos y tabulados. Se calcularon las frecuencias absolutas y relativas (estadística descriptiva) con el empleo del programa Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales por sus siglas en inglés (SPSS) (v. 20), que fueron expresadas en porcentajes de cada una de las categorías de las variables descritas. Con la ayuda de estos análisis se logra una mejor percepción y connotación de los resultados de manera que se arriba a las conclusiones de la investigación.

Capítulo 3

Capítulo 3: Resultados y Discusión

3.1 Ingredientes Activos (i.a)Asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal

En la figura 1 podemos observar los kg de i.a distribuidos por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal (DMSV) para el cultivo del tabaco en la campaña 2018-2019. Si analizamos el coeficiente de variación de los herbicidas es el de mayor variación. Esto está debido a que en el mes de septiembre se observa un pico en el consumo no siendo así en los meses posteriores. Dicho resultado puede estar debido a que en el mes de septiembre el cultivo se encuentra en la etapa de crecimiento, por lo que el área foliar no es lo suficiente para cubrir el suelo, lo cual propicia el desarrollo de malezas invasoras que requieren ser controladas. En los meses posteriores la planta ya tiene un desarrollo elevado, el área foliar es mayor por lo que cubre el suelo y controla indirectamente el desarrollo de malezas. En estos meses posteriores comienza la incidencia de otras plagas como insectos, hongos y enfermedades. Por dicho motivo se puede observar que en los meses de noviembre a enero los herbicidas es la familia química de menor uso pero fungicida e insecticida son los de mayor uso. De forma general insecticida mantuvo un consumo homogéneo, por lo q es la familia química de menor coeficiente de variación.

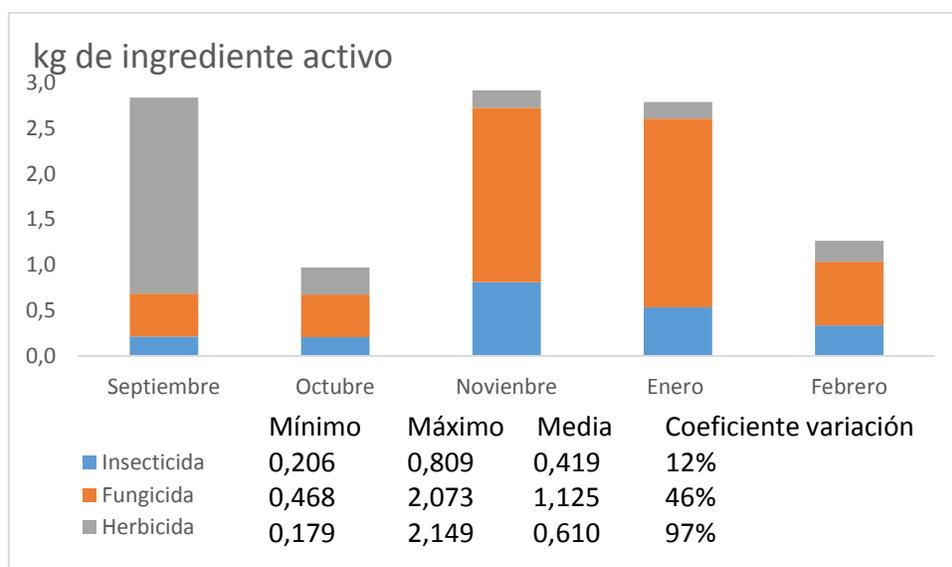


Figura 1: Consumo total de i.a. Fuente: DMSV. Cabaiguán. 2018-2019.

En la campaña tabacalera 2018-2019 del municipio de Cabaiguán, la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal (DMSV) asignó 51 ingredientes activo (i.a.), descritos en el (ANEXO 4), los cuales se desglosan en fungicidas (21), herbicidas (16) e insecticidas (14). Las entrevistas realizadas a los campesinos, arrojan que estos usaron un total de 32 i.a. (ANEXO 5). Los i.a. declarados por los campesinos se desglosan en 14 fungicidas, un herbicida y 17 insecticidas. Como se puede observar en la tabla 3.1, cuatro de los i.a. declarados por los campesinos como más usados coinciden con cuatro de los 10 principales i.a. asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal. Es importante señalar además que 10 de los i.a. declarados por los campesinos (benomilo, β -ciflutrina, λ -cihalotrina, clorfenapir, folpet, metomilo, paration metilo, tiacloprid, tiametoxam y tiodicarb) no coinciden con los asignados por la DMSV. Destacándose los insecticidas piretroides, neonicotinoides y carbamatos.

Tabla 3.1: Ingredientes activos y familias químicas declaradas por los campesinos y asignados por Sanidad Vegetal.

Asignados por Sanidad Vegetal			Declarados por los campesinos		
Ingrediente Activo	Frecuencia	%	Ingrediente Activo	Frecuencia	%
Azoxistrobina	13	7.2	Mancozeb	74	18.3
Mancozeb	12	6.7	Acefato	53	12
Bifentrina	9	5.0	Abamectina	51	11.4
Benzoato de mamectina	7	3.9	Azoxistrobina	37	7.2
Pyraclostrobin	7	3.9	Lufenuron	35	6.6
2,4 D	6	3.3	Profenofos	35	6.6
Dimetomorf	6	3.3	Dimetomorf	33	6
Imidacloprid	6	3.3	Bifentrina	28	4.5
Propamocarb hidrocloreto	6	3.3	fosetil-aluminio	26	3.9
Tebuconazol	6	3.3	valifenalate	26	3.9
Familia Química	Frecuencia	%	Familia Química	Frecuencia	%
Estrobirulina	21	12	Organofosforado	40	12.5
Triazol	21	12	Piretroide	40	12.5
Piretroide	18	10	neonicotinoide	37	9.4
Organofosforado	15	8	Carbamato	36	6.3
Ditiocarbamato	13	7	Estrobirulina	36	6.3
Avermectina	12	7	Triazol	36	6.3
Derivado ácido fenoaxiacético	7	4	Avermectina	35	3.1
Ácido cinámico	6	3	Compuesto inorgánico	35	3.1

Neonicotinoide	6	3	Cerivado de glicina	35	3.1
Propil carbamato	6	3	Ditiocarbamato	35	3.1

Los i.a. asignados por la DMSV corresponden a 32 familias químicas (ANEXO 6). Por otra parte, los i.a. declarados por los campesinos entrevistados corresponden a 21 familias químicas. En la tabla 3.1 aparecen adicionalmente las 10 familias químicas más predominantes. Analizando las familias químicas de los i.a. declarado por los campesinos encontramos que cuatro (carbamatos, bencimidazol, pirrol y ftalamida) no aparecen dentro de las familias químicas asignadas por la DMSV.

Posterior al análisis del listado de i.a. asignado por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal (ANEXO 4) y la actual lista de plaguicidas autorizados (Registro Central de Plaguicidas, 2016), se pudo comprobar que 11 de los i.a. asignados al cultivo del tabaco (ANEXO 4), no están registrado para dicho cultivo tabla 3.2. Otros 16 i.a. no se encuentran registrados para ser usados en el cultivo del tabaco, pero si en cultivos de papa, tomates y ajíes, los cuales pertenecen a la misma familia botánica que el tabaco y los especialistas fitosanitarios pueden ajustar la dosis de dichos i.a. para controlar plagas comunes. Por otra parte del listado de i.a. obtenidos de las entrevistas a los campesinos y la actual lista de plaguicidas autorizados (Registro Central de Plaguicidas, 2016), se pudo comprobar que 2 i.a. de los declarados (ANEXO 5) no están registrado para dicho cultivo tabla 3.2. Otros 8 i.a. no se encuentran registrados para ser usados en el cultivo del tabaco, pero si en cultivos de la misma familia botánica que el tabaco. 11 i.a. de los asignados por la DMSV (ANEXO 4) están clasificados por la OMS (OMS/FAO, 2014) como moderadamente tóxico para el hombre (II): 2,4-D Sal de amina, bifentrina, diazinon, dimetoato, 2,4-D éster butílico + Isoctílico y profenofos. De ellos, nueve fueron mencionados por los campesinos entrevistados. 33,3 % de los i.a. muestran algún grado de toxicidad contra las abejas; esto constituye un importante factor de riesgo ambiental, ya que puede provocar disminuciones en las poblaciones de abejas y en los servicios de los ecosistemas que realizan (Feverly, Houbraken, & Spanoghe, 2016; Hladik, Vandever, & EMalling, 2016). 63 % de los i.a. son en cierto grado tóxicos para los peces. Del análisis de los i.a.

declarados por los campesinos se obtuvo que dos i.a. (paration metilo y metomilo), no asignados por la DMSV tienen las categorías de extremadamente peligroso (Ia) y altamente peligroso (Ib) según la OMS. El paration metilo aparece dentro de los i.a. autorizados para su uso en el listado de plaguicidas autorizados del 2010 y años anteriores, pero no en el actual que data del 2016, por lo que su uso actual por parte de los campesinos constituye una violación y un riesgo adicional a la salud humana y medioambiental. La FAO recomienda en su Código de Conducta sobre los plaguicidas que los plaguicidas de categoría Ia y Ib (OMS 2009), y si es posible Clase II, no deben usarse en países en desarrollo (OMS/FAO, 2014).

Tabla 3.2: Análisis de la relación de i.a. registrados y no registrados en el cultivo del tabaco.

Categoría	Asignado DMSV		Declarado por campesinos	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Registrado	24	47,1	22	68,8
Misma familia	16	31,4	8	25,0
No Registrado	11	21,6	2	6,3
Total	51	100	32	100,0

DMSV: Dirección Municipal de Sanidad Vegetal

Tres de los i.a. distribuidos por la DMSV están prohibidos de uso en la Comunidad Europea y/o Estados Unidos de América. Otros 12 i.a. están en vigilancia o restringido, principalmente por su alto grado de toxicidad al ser humano y/o al Medio Ambiente; estos i.a. representan un 29.4 % del total asignado. Estos i.a. ver en la tabla 3.3 son clasificados como posibles o probables cancerígenos al ser humano y disruptores endocrinos y de reproducción al hombre y animales son también asignados para su uso en el cultivo del tabaco. El manejo y uso inadecuado de estos i.a, así como el no uso de los medios de protección personal ponen en riesgo la salud humana y al medio ambiente.

Tabla 3.3: Ingredientes activos distribuidos por la DMSV prohibidos o restringidos por la UE y/o EUA así como sus eventos adversos.

Ingrediente Activo	Prohibidos	Vigilancia o Restringido	Probable cancerígeno	Disruptor endocrino / reproducción
acefato	x		x	
abamectina		x		
bifentrina			x	x
cipermetrina		x		

Ingrediente Activo	Prohibidos	Vigilancia o Restringido	Probable cancerígeno	Disruptor endocrino / reproducción
clorotalonil			x	
deltametrina		x		x
diazinón	x			
dimetoato		x		
epoxiconazol		x	x	x
glufosinato de amonio		x		x
glifosato		x	x	
imidacloprid		x		
isoxaflutol			x	
lufenurón		x		
mancozeb		x	x	x
picloram		x		x
tiram	x			x
trifluralina		x		x

Si bien no existe una relación de los i.a. declarados por los campesinos entrevistados y los i.a. que la DMSV asignó para la campaña en estudio (usaron 10 i.a. no asignados por la DMSV de los 32 declarados, para un 31.25 %). Estos i.a no carecen de peligrosidad para la salud humana y el medio ambiente, destacándose por su elevada toxicidad el benomilo, β ciflutrina, clorfenapir, folpet, λ -cihalotrin, metomilo, paration metilo, tiacloprid y tiodicarb. Situaciones como la encontrada en este caso nos demuestra irregularidades en el control y monitoreo de la seguridad fitosanitaria; así como la posible existencia de actividades económicas ilícitas que propician el uso incorrecto y no asignado de i.a. de alto potencial tóxico y mucho de ellos prohibidos de su uso incluso en el listado actual de plaguicidas autorizado en Cuba (ej. paration metilo). De forma general se puede observar que de los i.a. presentes en la tabla 3.4 cinco están prohibidos de uso en la Comunidad Europea (CE) y/o Estados Unidos de América (EUA). Otros 13 i.a. están en vigilancia y/o restringido, representando en general un 56.25 % del total. También fueron declarados i.a. clasificado como posibles o probables cancerígenos al ser humano y/o disruptores endocrinos y de reproducción. Entre estos se puede mencionar el caso de benomilo el cual está prohibido de uso en la

CE y EUA además de estar clasificado como probablemente o posiblemente cancerígeno y disruptor endocrino al igual que el glifosato.

Tabla 3.4: Ingredientes activos declarados por los campesinos prohibidos y/o restringidos de uso por la UE y los EUA, así como sus eventos adversos.

Ingrediente activo	Prohibido	Vigilancia / Restringido	Probablemente cancerígeno	Disruptor endocrino / reproducción
acefato	x		x	
abamectina		x		
benomilo	x		x	x
beta-ciflutrina		x		
bifentrin		x	x	x
clorfenapir		x		
deltametrina		x		x
dimetoato		x		
folpet			x	
glifosato		x	x	
imidacloprid		x		
λ-cihalotrin		x		x
lufenurón		x		
mancozeb		x	x	x
metomilo	x			
paratión metilo	x			
tiacloprid		x	x	
tiodicarb	x			

3.2: Evaluación Tóxica y Ecotóxica

Al analizar la figura 2 se puede observar que, aunque los i.a. de fungicidas y herbicidas fueron los más utilizados en la campaña de estudio, de los plaguicidas asignados por la DMSV figura 1, su presión sobre el ser humano y el medio ambiente no siempre fue la más alta. De forma general los insecticidas ejercieron mayor presión tóxica y ecotóxica figura 2. Los i.a. de los insecticidas usados, especialmente los organofosforados, impactan negativamente el medio ambiente y la salud humana.

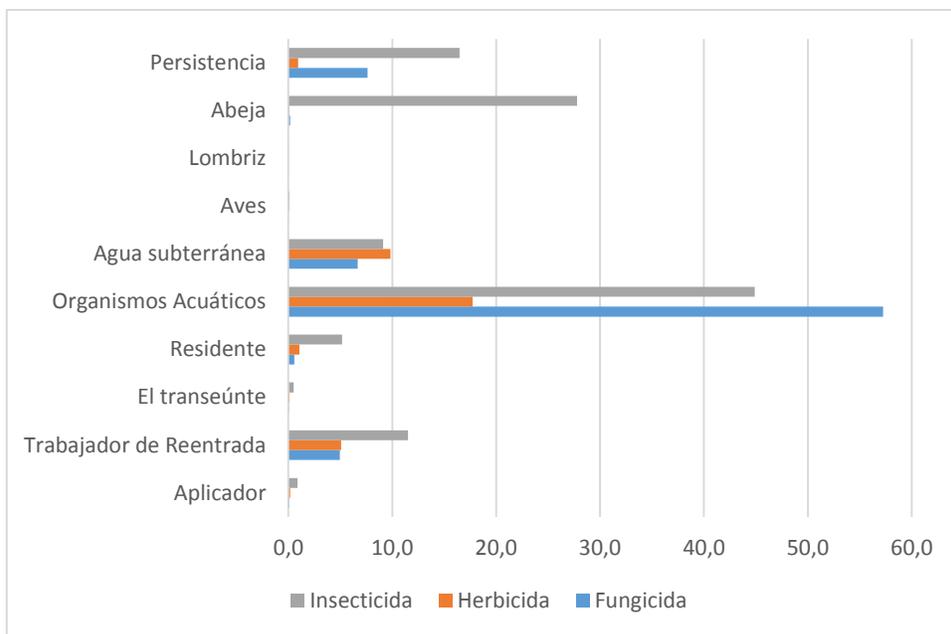


Figura 2: Valores de (eco)toxicidad vs cantidad de (i.a.) asignada por la DMSV.

En el cultivo de tabaco, se utilizaron compuestos viejos y tóxicos, asignados por la DMSV como el diazinon y acefato. Adicionalmente los campesinos declararon haber usado paratión metilo y tiodicarb, que están prohibidos en la UE. Los aplicadores y trabajadores de reingreso son los que están en mayor riesgo toxicológico, así, como los módulos ecotoxicológicos (organismos acuáticos, persistencia y aguas subterráneas).

El paratión-metilo y el tiodicarb pertenecen al grupo de insecticidas cuya utilización está prohibida en muchos países, principalmente en Europa y América del Norte. Cuba es un ejemplo de cómo países en vías de desarrollo mantienen su uso (Álvarez, 2015; DierkEMEier, 1996; Figueroa & Pérez, 2012; Ponce *et al.*, 2015; Rosquete, 2011). También se incluyen algunos herbicidas como la ametrina, la prometrina, y el paraquat.

Al analizar paramétricamente (Correlación de Pearson) la figura 3 se puede observar que la presión tóxica y ecotóxica ejercida por los i.a. declarados por los campesinos entrevistados mostró una buena correlación directa $r=0.947$ con un nivel de significancia $p < 0.01$ con respecto a los resultados obtenidos con los i.a. asignados por la DMSV figura 2. La presión ejercida por los insecticidas igualmente al análisis a partir de los i.a. asignados por la DMSV mostró de forma

general una mayor presión (eco)toxicológica. En el escenario de los campesinos los organofosforados también son los i.a. de mayor presión contaminante.

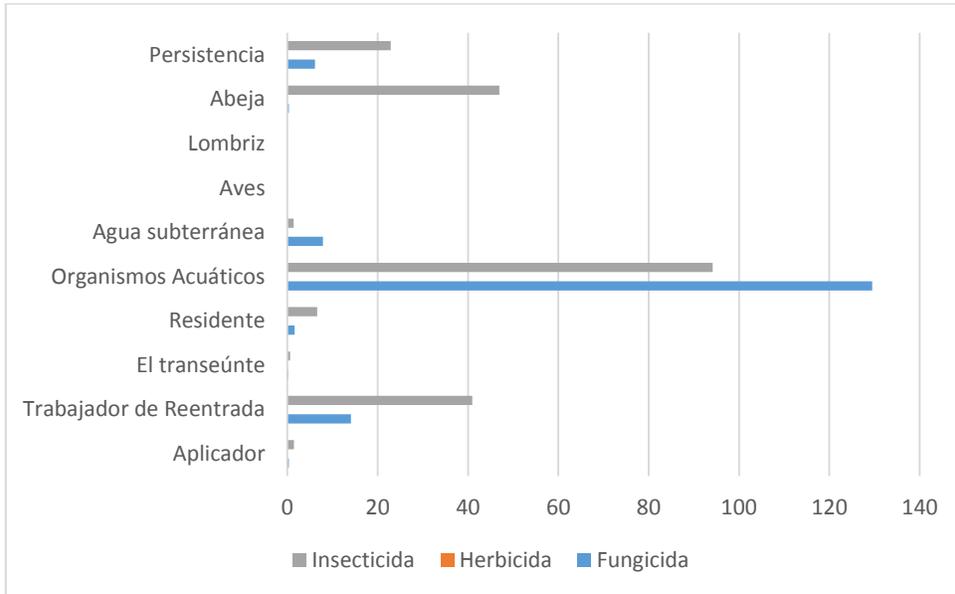


Figura 3: Valores de (eco)toxicidad vs la cantidad de (i.a.) utilizados declarados por los campesinos.

Se recomienda que los agricultores se informen sobre los riesgos a los que están expuestos y la importancia de usar equipos de protección personal para minimizar la exposición a los plaguicidas y prevenir la intoxicación (Yarpuz-Bozdogan y Bozdogan 2016). Para constatar la afirmación anterior se puede analizar los resultados mostrados en la figura 4. Donde el escenario "b" (uso de los medios de protección) mostró reducciones de la presión toxicológica del 48 % (insecticidas) al 60 % (fungicidas) respecto al escenario actual "a" (no uso de guantes, máscaras con filtro, careta, espejuelos y ropa impermeable). La comunicación acerca de los riesgos y el uso de equipo de protección personal es facilitada por los pictogramas en la etiqueta de los plaguicidas (Lekei, Ngowi, & London, 2014; Negatu, Kromhout, Mekonnen, & Vermeulen, 2016).

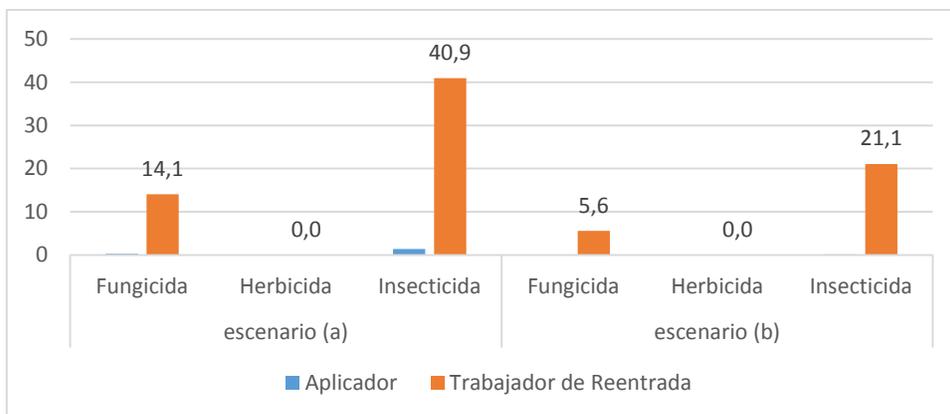


Figura 4: Evaluación del beneficio del uso de los medios de protección personal (escenario b) a la reducción de la presión tóxica (escenario a) en el período estudiado.

La figura 5 es una evidencia de lo planteado anteriormente. Los compuestos organofosforados ejercen una mayor presión en la (eco)toxicidad en su conjunto. Un posible sustituto figura 5 para el paratión metilo es la cipermetrina, lo que reduce potencialmente el riesgo total en un 100%. El 2,4-D Sal de Amina y el oxiclورو de cobre son responsables de los altos valores de presión de los plaguicidas. Su presión puede ser eliminada o reemplazada por otros plaguicidas con menos impacto en el medio ambiente (Fevery, Peeters, Lenders, & Spanoghe, 2015). El hidrocloreuro de propamocarb puede reducir el riesgo del oxiclورو de cobre en un 99%; y el pirazosulfuron - etilo puede reducir el riesgo del 2,4-D Sal de Amina en un 93 %.

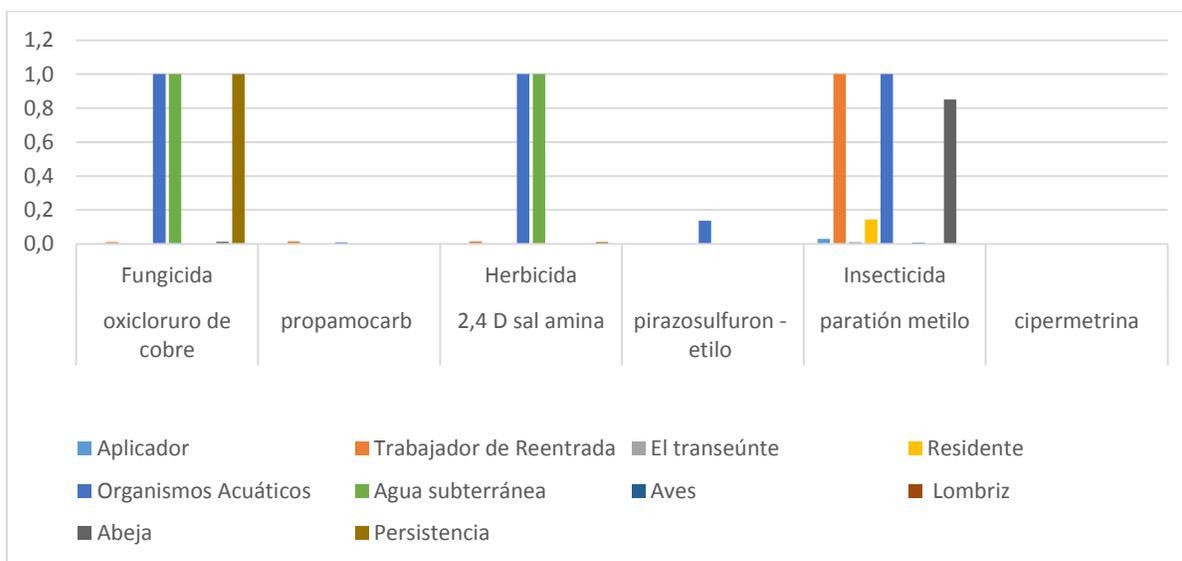


Figura 5: Propuesta de sustitución de plaguicidas de alto riesgo para reducir la presión (eco) toxicológica.

Varios autores coinciden en que, debido a la persistencia de algunos plaguicidas en el suelo y su capacidad para filtrarse en las aguas subterráneas y cuerpos de agua, los organismos acuáticos del indicador POCER son los principales módulos en riesgo como consecuencia del uso de herbicidas altamente tóxicos como el paraquat y la prometrina, así como insecticidas organofosforados (Bozdogan, Yarpuz, & Tobi, 2015; Fevery *et al.*, 2016; Yarpuz & Bozdogan, 2016). Además, en una región cítrica de España, los organofosforados clorpirifos seguidos del oxiclورو de cobre fueron los plaguicidas más comúnmente ecotóxicos de los organismos acuáticos (Cunha, Chueca, Garcerá, & Moltó, 2012).

Como lo mencionó Fevery, un kg de un pesticida puede ejercer una presión diferente a un kg de otro pesticida. Para cuantificar el riesgo de exposición a plaguicidas, es necesario sopesar el uso de plaguicidas en los coeficientes de toxicidad para los diversos compartimentos ambientales (Fevery *et al.*, 2016). El indicador dual POCER ya ha demostrado su utilidad en Bélgica y en otros países europeos (Bozdogan *et al.*, 2015; Claeys *et al.*, 2005; Cunha *et al.*, 2012; Yarpuz & Bozdogan, 2016) como herramienta para la reducción de plaguicidas tóxicos. POCER se puede utilizar como una herramienta de toma de decisiones para elegir plaguicidas alternativos con respecto a la presión sobre los seres humanos y el medio ambiente. También puede evaluar el impacto de todas las aplicaciones de plaguicidas relacionadas con un cultivo dentro de un año y evaluar sistemas de cultivo alternativos. Junto con los modelos económicos, se pueden evaluar la viabilidad y la eficacia de las medidas políticas y las mejores prácticas a nivel de finca sin poner en peligro la rentabilidad (Vercruyssen & Steurbaut, 2002; Wustenberghs *et al.*, 2012).

3.3 Análisis de residualidad química

En total 10 diferentes i.a. fueron detectados, tabla 3.5. Algunos i.a. tienen el mismo modo de acción (bifentrina y cipermetrina; tebuconazol y triadimenol), estos deberían ser alternados con otros i.a. de diferente modo de acción (MA) para prevenir el desarrollo de resistencia a plagas (FRAC Code List, 2018; IRAC Version:9.1, 2018; Sparks & Nauen, 2015). Al menos un i.a. (7.1 %) fue detectado en las muestras analizadas. Cuatro i.a. (35.7 %), y seis (21.4 %) fueron las

mayores frecuencias presentes. 53.7 % de los residuos fueron cuantificables. Tebuconazol, triadimenol y clorotalonilo no aparecen en el listado de plaguicidas autorizados en Cuba para ser usados en el cultivo del tabaco. Acciones como estas, donde ciertos i.a. son usados en cultivos no objetivos son ejemplos de cómo los desarrollos de resistencia a plagas pueden ser causadas. Tres de los 10 i.a. (tiodicarb, alaclor y endosulfan) no son permitidos en Europa. Así como alaclor y endosulfan están listados en el ANEXO III del Convenio de Rotterdam como prohibidos o severamente restringidos desde el 2016 (FAO-PNUMA, 2016). Es necesario eliminar el uso de esos plaguicidas, como se hizo en la mayoría de los países desarrollados, por ejemplo, en la Unión Europea (EFSA, 2017). Un ejemplo del cambio positivo en los valores de ecotoxicidad cuando se elimina el uso de endosulfan es el experimentado por la región de Flandes en Bélgica.

Tabla 3.5: Residuos de plaguicidas detectados.

Muestra	tiodicarb	dimetomorf	tebuconazol	imidacloprid	triadimenol	clorotalonilo	alaclor	endosulfan	bifentrina	cipermetrina
Tabaco 1						<LC	1.36			
Tabaco 2		0.93					1.74	<LC	<LC	
Tabaco 3						<LC	1.55	<LC	<LC	<LC
Tabaco 4	1.39	< LC				<LC	1.60	0.32	<LC	
Tabaco 5		12.09					0.94	<LC	1.33	
Tabaco 6							1.34	<LC		
Tabaco 7						<LC	1.50	<LC	<LC	
Tabaco 8	< LC					<LC	1.10	<LC	<LC	
Tabaco 9						<LC	1.03	<LC		<LC
Tabaco 10						<LC	1.82	0.33	<LC	
Tabaco 11			2.78		1.13	1.46	1.89	0.35	1.44	
Tabaco 12	1.82		0.58	0.87	< LC		1.42	<LC		
Tabaco 13							2.71			0,353
Tabaco 14						<LC	0.85		1.41	
AOEL (mg kg ⁻¹ BW por días)	0.03	0.15	0.03	0.08	0.05	0.009	0.00 25	0.00 42	0.00 75	0.06

% recobrado (CV)	42.00 (3.79)	29.72 (3.14)	57.03 (2.32)	18.20 (6.26)	47.89 (4.61)	54.29 (8.67)	45.40 (22.30)	47.50 (6.66)	39.11 (7.35)	48.37 (5.72)
------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Leyenda: Valores inferiores al límite de cuantificación son reportados como < LC. Entre paréntesis se encuentra el por ciento del coeficiente de variación (CV) del por ciento de recuperación.

Considerando un peso corporal de 70 kg (defecto), el 76.7 % de los residuos cuantificados excedieron el nivel de exposición aceptable al humano (AOEL) establecido (en negrita). Exceder el AOEL establecido pudiera representar una probabilidad de exposición de riesgo para los trabajadores agrícolas (Kim, Lee, Kim, & Jeong, 2016). Dimetomorf, tebuconazol, bifentrina, endosulfan y Alaclor son detectados a altas concentraciones. Los niveles de residuos de cipermetrina fueron reportados también en concentraciones entre los 0,6 – 2,0 mg kg⁻¹ (dos a seis veces superior que lo encontrado en este estudio) en muestras de tabaco en Bangladesh (Rahman *et al.*, 2012) y entre 0,01 – 2,33 mg kg⁻¹ en Polonia (Lozowicka *et al.*, 2015).

En un análisis de relación entre los i.a. detectados en las muestras analizadas con los i.a. declarados por los campesinos conjunto con los asignados por la DMSV encontramos que el tiodicarb registrado para ser usado tanto en tabaco como en maíz, tomate, papa entre otros, no fue asignado por la DMSV, pero si declarado por los campesinos. Adicionalmente se encuentra el caso de los i.a. alaclor y endosulfan, que, si bien estos están registrados para ser usados tanto en tabaco como en otros cultivos tales como maíz, frijol, café, papa, vegetales y hortalizas, estos no fueron asignados por la DMSV ni declarados por los campesinos. En el caso del endosulfan la mayoría de los resultados encontrados son inferiores al límite de cuantificación del método empleado, pero en el caso del alaclor, los valores fueron cuantificables en el ciento por ciento de las muestras. Estos dos i.a. se caracterizan además de por su alta toxicidad, por su persistencia en el suelo (Mrema *et al.*, 2013; Pérez, Infante, Rosquete, Ramos, & González, 2010). Es posible que dichos i.a. hayan sido usados en un cultivo previo o en limpieza previa del campo y hayan permanecido durante el cultivo del tabaco en el suelo y

acumulado en las hojas de estos (Asubiojo *et al.*, 2009; Bernardi *et al.*, 2016; Rahman *et al.*, 2012).

Hasta el momento no se han encontrado reportes de estudios cubanos que mencionen la presencia de trazas de plaguicidas en el cultivo del tabaco. No obstante trazas de cipermetrina fueron reportadas en Polonia por Lozowicka *et al.*, (2015) donde sus valores promediaban entre 0.01-2.33 mg l⁻¹, dichos valores excedían los niveles permisibles (1.0 mg l⁻¹) en dicho país. Rahman *et al.*, (2012) también reportaron valores de cipermetrina en muestras de tabacos en Bangladesh, dichos valores (2.0 mg l⁻¹) fueron también superiores a los permisibles para dicho cultivo. Los valores encontrados en las muestras analizadas son cuantitativamente inferiores al límite establecido. Adicionalmente Lozowicka *et al.*, en el 2015 citaron además la presencia de clorpirifos entre 0.02-0.12 mg l⁻¹ y azoxistrobina entre 0.03-3.55 mg l⁻¹; concentraciones de 18.82 mg l⁻¹ de azoxistrobina fueron adicionalmente reportada por Vann y Fisher en Carolina del Norte (2014), dicho i.a. no es recomendado para la protección en tabaco. Rahman *et al.*, (2012) en sus trabajos también reportaron la presencia de diazinon a concentraciones de 0.15 mg l⁻¹. Diazinon y clorpirifos son organofosforados, no encontrados en las muestras analizadas, pero dicha familia química es la principal usada para el control de insectos plagas, según lo reportado por los campesinos y asignado por la DMSV.

Conclusiones

Se constató la no correspondencia entre los ingredientes activos de alta (eco)toxicidad asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal con los declarados por los campesinos, así como los detectados en las muestras analizadas. Los módulos: organismos acuáticos, abejas, aguas subterráneas, persistencia en el suelo y trabajador agrícola resultaron ser los de mayor presión (eco)toxicológicas. La presión tóxica y ecotóxica puede disminuirse al eliminar o reemplazar los ingredientes activos de mayor presión contaminante por otros de menor presión.

Recomendaciones

Capacitar a los productores de tabaco sobre los riesgos a los que están expuestos y la importancia de usar medios de protección personal durante la manipulación de plaguicidas para minimizar la exposición a estos y prevenir intoxicaciones.

Bibliografía

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th Ed). New York, USA: Academic Press.
- Álvarez Gil, M. (2015). Review Insect resistance in tomato (*Solanum* spp.). *Cultivos Tropicales*, 36(2), 100–110.
- Asubiojo, O. I., Adebisi, F. M., Ayenimo, J. G., Olukoko, O. O., Oyekunle, J. A. O., Adebisi, F. M., ... Olukoko, O. O. (2009). Chemical analysis of tobacco cigarette for organochlorine insecticides and heavy metal composition. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 91(4), 611–618. <https://doi.org/10.1080/02772240802343123>
- Bernal, E. (2014). Limit of Detection and Limit of Quantification Determination in Gas Chromatography. In *Advances in Gas Chromatography* (pp. 57–81). INTECH. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57341>
- Bernardi, G., Kemmerich, M., Ribeiro, L. C., Adaime, M. B., Zanella, R., & Prestes, O. D. (2016). An effective method for pesticide residues determination in tobacco by GC-MS / MS and UHPLC-MS / MS employing acetonitrile extraction with low-temperature precipitation and d-SPE clean-up. *Talanta*, 161, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.08.015>
- Berthet, A., Hopf, N. B., Miles, A., Spring, P., Charrière, N., Garrigou, A., ... Vernez, D. (2014). Human skin in vitro permeation of bentazon and isoproturon formulations with or without protective clothing suit. *Archives of Toxicology*, 88(1), 77–88. <https://doi.org/10.1007/s00204-013-1087-4>
- Bozdogan, A. M., Yarpuz-Bozdogan, N., & Tobi, I. (2015). Relationship between environmental risk and pesticide application in cereal farming. *International Journal of Environmental Research*, 9(3), 1047–1054.
- Claeys, S., Vagenende, B., De Smet, B., Lelieur, L., & Steurbaut, W. (2005). The POCER indicator: A decision tool for non-agricultural pesticide use. *Pest Management Science*, 61(8), 779–786. <https://doi.org/10.1002/ps.1062>
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling Techniques third edition* (Third edit). New York: John Wiley & Sons, Inc. Retrieved from https://archive.org/details/Cochran1977SamplingTechniques_201703
- Cunha, J. P., Chueca, P., Garcerá, C., & Moltó, E. (2012). Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain. *Crop Protection*, 42, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.06.001>
- da Silva, J. G. (2015). *FAO - Noticias Día Mundial de la Alimentación generar impulso para acabar con el hambre*. Milan: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. E. (2014). Effects of pesticides on health and the environment. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387.
- Dierksmeier, G. (1996). Pesticide contamination in the Cuban agricultural environment. *Trends in Analytical Chemistry*, 15(5), 154–159. [https://doi.org/0165-9936\(96\)00010-6](https://doi.org/0165-9936(96)00010-6)
- EFSA. (2017). The 2015 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 15(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4791>
- FAO-PNUMA. (2016). *Rotterdam Convention. on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International*

- Trade. Geneva, Switzerland. Retrieved from www.pic.int
- FAO/UNEP. (2015). *Rotterdam Convention. Operation of the prior informed consent procedure for banned or severely restricted chemicals. Decision Guidance Document Methamidophos.*
- Fevrey, D., Houbraken, M., & Spanoghe, P. (2016). Pressure of non-professional use of pesticides on operators, aquatic organisms and bees in Belgium. *Science of the Total Environment*, 550, 514–521. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.123>
- Fevrey, D., Peeters, B., Lenders, S., & Spanoghe, P. (2015). Adjustments of the Pesticide Risk Index Used in Environmental Policy in Flanders. *PLoS ONE*, 10(6), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129669>
- Figuroa González, Z. I., & Pérez-Consuegra, N. (2012). Tendencias en el uso de plaguicidas en el municipio Colón, Provincia Matanzas. *Agricultura Orgánica*, 18(2), 10–14. Retrieved from www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao.../03TENDENCIAS.pdf
- FRAC Code List. (2018). *FRAC Code List © 2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering).*
- Frank, P., & Ottoboni, M. A. (2011). *The dose makes the poison: a plain-language guide to toxicology* (3rd ed). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470918449>
- Funes-Monzote, F. (2007). Towards sustainable agriculture in Cuba. *Making the Conversion to Sustainable Agriculture: Principles, Processes and Practices.*, 13.42.
- Gaceta Oficial de la República de Cuba. (2000). *Resolución 23*. La Habana, Cuba. GAO-03-485. (2003). *Pesticide on tobacco. Federal Activities to Assess Risks and Monitor Residues*. Retrieved from www.gao.gov/cgi-bin/getrpt?GAO-03-485.
- Gawade, L., Dadarkar, S. S., Husain, R., & Gatne, M. (2013). A detailed study of developmental immunotoxicity of imidacloprid in Wistar rats. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 61–70. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2012.09.009>
- Hernández Díaz, M. I., Chailloux Laffita, M., & Ojeda Veloz, A. (2006). Cultivo protegido de las hortalizas: Medio ambiente y sociedad. *TEMAS de Ciencia y Tecnología*, 10(30), 25–31.
- Hladik, M. L., Vandever, M., & Smalling, K. L. (2016). Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides. *Science of The Total Environment*, 542, 469–477. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.077>
- Ibitayo, O. O. (2006). Egyptian Farmers' Attitudes and Behaviors Regarding Agricultural Pesticides: Implications for Pesticide Risk Communication. *Risk Analysis*, 26(4), 989–995. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00794.x>
- IRAC Version:9.1. (2018). *IRAC Mode of Action Classification Scheme.*
- Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., ... Gilioli, G. (2018). Guidance on quantitative pest risk assessment. *EFSA Journal*, 16(8), 5350, 86. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5350>
- Jiménez Jiménez, S. F., Rodríguez Travieso, O., Ballester Hernández, A., Porras González, Á. C., & Reyes Gómez, S. (2009). Diagnóstico fitosanitario

- ALGUNAS CONSIDERACIONES RESPECTO A LA ATENCIÓN PRODUCTORES AGRÍCOLAS EN CUBA. *Fitosanidad*, 13(4), 227–232.
- JMPR. (2015). *Pesticide residues in food 2015. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues*. (WHO and FAO, Ed.). Geneva, Switzerland: World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kim, S.-H., Lee, C.-H., Kim, K.-H., & Jeong, S.-H. (2016). Comparative estimation of exposure level and health risk assessment of highly produced pesticides to agriculture operators by using default dermal absorption rate or actual measurement values. *Biomedical Science Letters*, 22(4), 199–206. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15616/BSL.2016.22.4.199>
- la Rosa Cruz, N. L., Sánchez-Salinas, E., & Ortiz-Hernández, M. L. (2014). Biosurfactantes y su papel en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 4(1), 47–67. <https://doi.org/10.7603/s40682-013-0004-0>
- Lekei, E. E., Ngowi, A. V., & London, L. (2014). Farmers' knowledge, practices and injuries associated with pesticide exposure in rural farming villages in Tanzania. *BMC Public Health*, 14(389), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-389>
- Lozowicka, B., Rutkowska, E., & Hrynko, I. (2015). Simultaneous determination of 223 pesticides in tobacco by GC with simultaneous electron capture and nitrogen-phosphorous detection and mass spectrometric confirmation. *Open Chem*, 13, 1137–1149. <https://doi.org/10.1515/chem-2015-0129>
- Macfarlane, E., Carey, R., Keegel, T., El-zaemay, S., & Fritschi, L. (2013). Dermal Exposure Associated with Occupational End Use of Pesticides and the Role of Protective Measures. *Safety and Health at Work*, 4(3), 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2013.07.004>
- Markantonis, M., van der Velde-Koerts, T., Graven, C., te Biesebeek, J., Zeilmaker, M., Rietveld, A., & Ossendorp, B. (2018). Assessment of occupational and dietary exposure to pesticide residues. *EFSA Journal*, 16(S1), :e16087, 8. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16087>
- McDaniel, P. A., Solomon, G., & Malone, R. E. (2005). The Tobacco Industry and Pesticide Regulations : Case Studies from Tobacco Industry Archives. *Environmental Health Perspectives*, 113(12), 1659–1665. <https://doi.org/10.1289/ehp.7452>
- Mekonen, S., Lachat, C., Ambelu, A., Steurbaut, W., Kolsteren, P., Jacxsens, L., ... Spanoghe, P. (2015). Risk of DDT residue in maize consumed by infants as complementary diet in southwest Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 511, 454–460. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.087>
- Mesnager, R., Defarge, N., Vendômois, J. S. De, & Séralini, G. (2014). Major Pesticides Are More Toxic to Human Cells Than Their Declared Active Principles. *BioMed Research International*, 2014(179691), 8. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/179691>
- Morteza, Z., Mousavi, S. B., Baghestani, M. A., & Aitio, A. (2017). An assessment of agricultural pesticide use in Iran, 2012-2014. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40201-017-0272-4>
- Mrema, E. J., Rubino, F. M., Brambilla, G., Moretto, A., Tsatsakis, A. M., & Colosio,

- C. (2013). Persistent organochlorinated pesticides and mechanisms of their toxicity. *Toxicology*, 307(0), 74–88. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2012.11.015>
- Muiño-García, B. L., Fernández-Goncalves, E., Jiménez-Ramos, J., Vázquez-Moreno, L. L., & Pérez-Montes Bravo, E. (2016). Science management in the Plant Health Research Institute and its contribution to the environment protection and sustainability of the Cuban agricultural systems. *Journal of the Selva Andina Biosph*, 4(2), 116–125.
- National Research Council. (1975). *Pest Control: An Assessment of Present and Alternative Technologies: Volume IV: Forest Pest Control*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/20180>
- 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. *Ann. Occup. Hyg*, 1–16. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mew004>
- OMS/FAO. (2014). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Organización Mundial de la Salud. <https://doi.org/13604S/1/12.14>
- Perdomo Hernández, E. E., Ramos Torres, L., & López Dávila, E. (2016). Efectos medioambientales en la provincia de Sancti Spíritus por el uso de plaguicidas químicos. *Revista Márgenes*, 4(4), 87–102.
- Pérez, N., Infante, C., Rosquete, C., Ramos, A., & González, C. (2010). Disminuyendo la relevancia de los plaguicidas. alternativas a su uso. *Agroecología*, 5, 79–87.
- Pérez Rodríguez, S., Álvarez Delgado, M., David Baldo, M., & Capote Marrero, B. (2012). Intoxicaciones agudas por plaguicidas consultadas al Centro Nacional de Toxicología durante el bienio Acute pesticide poisoning assisted at the National Toxicology Centre from 2007-2008. *Revista Cubana Medicina Militar*, 41(4), 415–422. Retrieved from <http://scielo.sld.cu>
- Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as an alternative in pest management . I : Background , research approaches and trends. *Rev. Protección Veg. Vol.*, 28(2), 81–94.
- Ponce, I., Nahed, J., Roberto, M., Vázquez, P., Fonseca, N., & Guevara, F. (2015). Historical changes in the process of agricultural development in Cuba. *Journal of Cleaner Production*, 96, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.078>
- Rahman, M. A., Chowdhury, A. Z., Moniruzzaman, M., Gan, S. H., Islam, M. N., Fardous, Z., & Khorshed Alam, M. (2012). Pesticide Residues in Tobacco Leaves from the Kushtia District in Bangladesh. *Bull Environ Contam Toxicol*, 6. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0725-5>
- Registro Central de Plaguicidas. Lista oficial de plaguicidas autorizados (2016). Cuba.
- Rivera Heredia, S. C. (2015). *El registro de plaguicidas en el ecuador. Un estudio desde la perspectiva de la agroecología*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Roberts, J. R., & Routt Reigart, J. (2013). *Recognition and management of pesticide poisonings* (Sixth). Washinton, DC: Office of Pesticide Programs, U.

- S. Environmental Protection Agency. Retrieved from <http://www2.epa.gov/pesticide-worker-safety%0A?????>
- Rodríguez Andreu, C. M., & Gómez Sousa, J. R. (2007). *La sanidad vegetal en la agricultura sostenible* (Tomo II). Santa Clara: Editorial Feijóo.
- Rosquete Pérez, C. (2011). *Evaluación de impacto de la supresión de endosulfán en el agroecosistema Güira de Melena, Artemisa, Cuba*. Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez.”
- Sarwar, M. (2015). The Dangers of Pesticides Associated with Public Health and Preventing of the Risks. *International Journal of Bioinformatics and Biomedical Engineering*, 1(2), 130–136.
- Scholz, R., Van Donkersgoed, G., Herrmann, M., Kittelmann, A., von Schledorn, M., Graven, C., ... Michalski, B. (2018). Database of processing techniques and processing factors compatible with the EFSA food classification and description system FoodEx 2. Objective 3: European database of processing factors for pesticides in food. *EFSA Supporting Publication, EN-1510*, 50. <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1510>
- Séralini, G., Mesnage, R., Defarge, N., Gress, S., Hennequin, D., & Clair, E. (2013). Answers to critics : Why there is a long term toxicity due to a Roundup-tolerant genetically modified maize and to a Roundup herbicide. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 476–483. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.11.007>
- Soares, W., & V. R. Almeida, Renan Moritz Moro, S. (2003). Rural work and risk factors associated with pesticide use in Minas Gerais, Brazil. *Cad. Saúde Pública*, 19(4), 9. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000400033>
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>
- Taxvig, C., Hadrup, N., Boberg, J., Axelstad, M., Bossi, R., Bonefeld-jørgensen, E. C., & Marie, A. (2013). In vitro - in vivo correlations for endocrine activity of a mixture of currently used pesticides. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 272(3), 757–766. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.07.028>
- Vann, M. C., & Fisher, L. R. (2014). Azoxystrobin , butralin, and flumetralin residues in flue-cured tobacco. *Tobacco Science*, 51, 23–28.
- Vásquez, L., & Pérez, N. (2017). El control biológico integrado al manejo territorial de plagas de insectos en Cuba. *Agroecología*, 12(1), 39–46.
- Vázquez, L., Matienzo, Y., Veitía, M., & Alfonso, J. (2008). *Conservación y Manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*.
- Vercruysse, F., & Steurbaut, W. (2002). POCER, the pesticide occupational and environmental risk indicator. *Crop Protection*, 21(4), 307–315. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00102-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00102-8)
- Vicente, J. N. (2018). *Análisis y caracterización del potencial productivo apícola en ecosistemas alternativos del Valle De Uco*. Universidad Nacional de Cuyo.
- Winder, C., Azzi, R., & Wagner, D. (2005). The development of the globally harmonized system (GHS) of classification and labelling of hazardous chemicals. *Journal of Hazardous Materials*, 125(1), 29–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.05.035>

- Wustenberghs, H., Delcour, I., D'Haene, K., Lauwers, L., Marchand, F., Steurbaut, W., & Spanoghe, P. (2012). A dual indicator set to help farms achieve more sustainable crop protection. *Pest Management Science*, 68(8), 1130–1140. <https://doi.org/10.1002/ps.3332>
- Yan-bo, L., Hao-bo, Z., Xing-yi, J., Xue, L., Hong-fei, Z., & Feng-peng, Z. (2015). Determination of pesticide Residues in tobacco using modified QuEChERS procedure coupled to on-line gel permeation chromatography-Gas Chromatography / Tandem Mass Spectrometry. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 43(10), 1538–1544. [https://doi.org/10.1016/S1872-2040\(15\)60870-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2040(15)60870-2)
- Yarpuz-Bozdogan, N., & Bozdogan, A. M. (2016). Pesticide exposure risk on occupational health in herbicide application. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(9), 3720–3727.

ANEXOS

ANEXO 1: Clasificación de los plaguicidas según su modo de acción

PLAGUICIDAS	MODO DE ACCIÓN	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
INSECTICIDA	De contacto	El producto aplicado se deposita en el cuerpo del insecto en cualquier fase de desarrollo. También cuando el insecticida se deposita sobre la superficie de los órganos de la planta y entran en contacto con las fases del insecto que se desplazan sobre estas.	El producto penetra a través de la cutícula, órganos externos y el integumento e inicia el proceso de intoxicación.
	De ingestión	El producto aplicado se deposita sobre los órganos de la planta de los cuales se alimenta el insecto (masticador, chupador) y penetra a su interior con el alimento consumido.	Desde que está siendo ingerido comienza su efecto por intoxicación.
	Asfixiantes	Penetra de forma gaseosa al insecto a través de los espiráculos.	Desde que está penetrando comienza su acción tóxica.

	Polivalentes	Insecticida que tiene dos o más modos de acción sobre el insecto.	Sustancias químicas destinadas a la protección simultánea de las plantas contra el ataque de insectos y enfermedades fungosas
	Sistémicos	El insecticida se aplica sobre la planta y se mueve en las hojas translaminarmente; o se aplica sobre el suelo, es absorbido por las raíces y se moviliza dentro de la planta.	Su acción tóxica se logra cuando el insecto se alimenta de la planta.
Fungicidas	De contacto	El producto actúa sobre las esporas del hongo que caen sobre la planta así como las estructuras que se desarrollan en la superficie de los órganos de la planta.	Pueden aplicarse de forma preventiva, contra las esporas que pueden arribar a la planta.
	Sistémicos	Se aplican sobre la planta o en el suelo y se mueven a través de su interior, actuando sobre el sitio de acción de la fisiología del hongo. Pueden ser aplicados de forma preventiva y curativa.	Por lo general son de acción específica.
Herbicidas	De contacto	Cuando son aplicados directamente sobre la planta	Bajo las condiciones de luminosidad inician el proceso de intoxicación
	Sistémicos	Se aplican sobre el suelo y se traslocan dentro de la planta. Pueden ser pre-emergentes, cuando se aplican sobre el suelo al momento o después de la siembra.	Inhiben el crecimiento radicular o se traslocan a la plántula. También pueden actuar cuando la maleza recién ha emergido (pre emergentes tempranos).
		Pre emergente que se aplican al suelo antes de la siembra	Son muy volátiles, por lo que deben ser mezclados (incorporados) al suelo
		Post-emergentes. Son no selectivos y se aplican cuando el cultivo está en desarrollo.	Combaten ciertos tipos de malezas
Nematicidas	Nematotóxico	Acción letal sobre nematodos	Son, por lo general, gases
	Nematostático	Interfieren el desarrollo de los nematodos	Pueden ser granulados o líquidos que se

			aplican al suelo.
--	--	--	-------------------

ANEXO 2: Variables de análisis

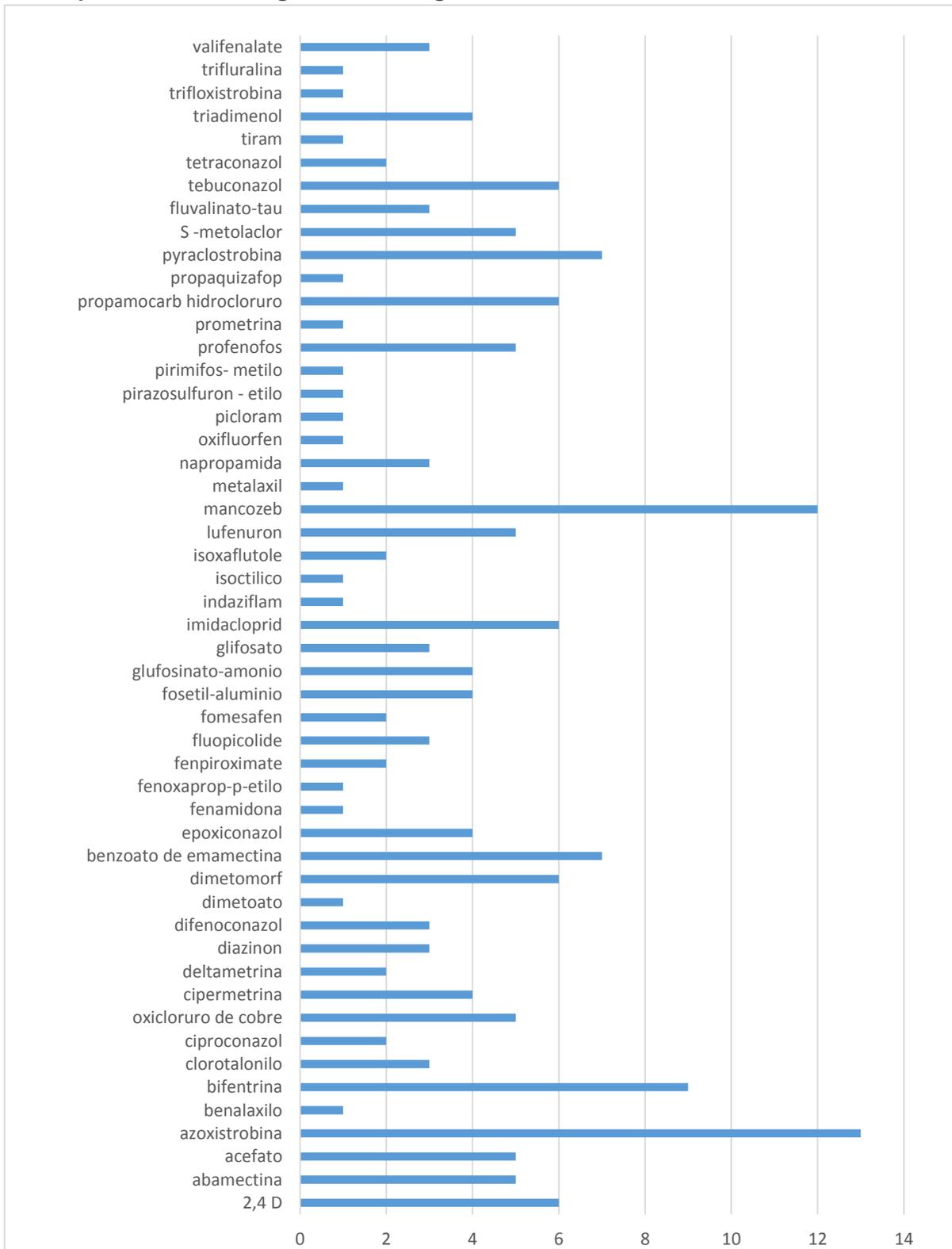
VARIABLE	DEFINICIÓN	INDICADOR	ESCALA
Naturaleza química	Familia química	Porcentaje	carbamatos, triazoles, organofosforados, difenil éter, piretroides, derivados de urea, compuestos inorgánicos, amidas, aminas, ariloxifenoxipropionatos, imidazoles, neonicotinoides, triazinas, derivado ácido fenoxiacético, imidas, derivado del piridilo, fenilpirazoles, ketoenoles, ácido piridín carboxílico, morfolinás organoclorados, , hexanonas, anilidas, avermectinas, cloronitrilos, oxadiazoles, derivados de glicina, benzotiadiazinonas, oxatin, ácido fosfínico, pirroles, estrobirulinas, ácido pirimidiloxibenzoico, derivados de cumarinas, acilalanina, alcanolicos halogenado, alkilazinas, derivado del benzotiadiazol, amidinas, mezcla de hidrocarburos, acetaldehídos, dinitroanilina, triazinonas, isoxazoles,
Forma de presentación	Estado de agregación del formulado	Porcentaje	Emulsiones Suspensión Polvos Granulados
Toxicidad en mamíferos	Grado de toxicidad aguda	Porcentaje	Ia- Extremadamente tóxico Ib- Altamente tóxico II- Moderadamente tóxico III- Ligeramente tóxico
Toxicidad en abejas	Grado de toxicidad aguda	Porcentaje	1. Altamente tóxico 2. Tóxico 3. Medianamente tóxico 4. No peligroso
Toxicidad en peces	Grado de toxicidad aguda	Porcentaje	1. Altamente tóxico 2. Tóxico 3. Medianamente tóxico 4. No peligroso
Función biológica	Según la plaga que controla	Porcentaje	Insecticida Herbicida Fungicida

ANEXO 3: Kilogramos de ingredientes activos asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal del Municipio de Cabaiguán, para la campaña tabacalera 2018-2019

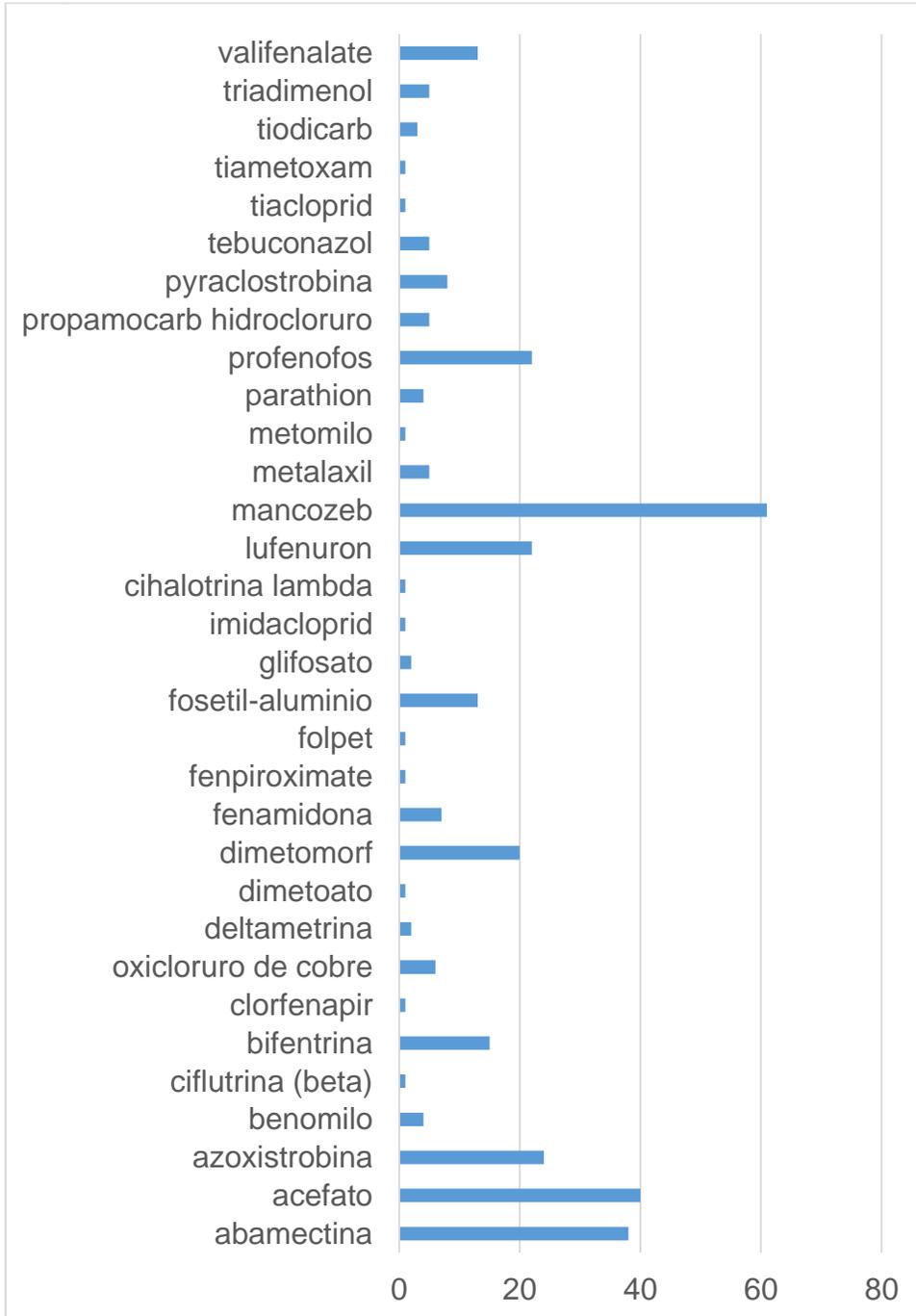
NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	kg de Ingrediente Activo				
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero
Romectin CE 1,8	abamectina	0.0080	0.0050	0.2420	0.0330	0.0010
Unifate PS 75	acefato	0.0820	0.0850	0.1690	0.3880	0.1100
Macrom Xtra GS 5	benzoato de emamectina	0.0050	0.0240	0.0050	0.0001	0.0138
Caligo CE 10	bifentrina	0.0330	0.0420	0.3160	0.0020	0.0075
Cyrux CE 20	cipermetrina	0.0040	0.0150	0.0090	0.0020	
Diazol CE 60	diazinon	0.0160	0.0030	0.0090		
Bioquim Insector CE 40	dimetoato	0.0020				
Dilan CE 50	fenpiroximate	0.0010		0.0070		
Mavrikc EW 24	fluvalinato-tau	0.0050			0.0040	
Muralla Delta OD 19	imidacloprid	0.0090	0.0080			
	deltametrina	0.0020	0.0020			
Kospi SC 13	imidacloprid	0.0220	0.0100		0.0040	0.0046
	bifentrina	0.0070	0.0030		0.0010	0.0014
Curyom CE 55	profenofos	0.0040	0.0090	0.0480	0.0173	0.1218
	lufenuron	0.0000	0.0010	0.0050	0.0017	0.0122
Ortiva Top SC 32,5	azoxistrobina	0.0060			0.0122	0.0480
	difenoconazol	0.0040			0.0076	0.0300
Aztrostar SC 25	azoxistrobina	0.0250			0.0100	
Nagata SC 25	azoxistrobina	0.0130	0.0380	0.0960	0.0020	0.1885
Fantic Star GD 55	benalaxilo	0.0000				
	clorotalonilo	0.0001				
Clortosip SC 50	clorotalonilo	0.0300		0.0540		
Manzate PH 80	mancozeb	0.2500	0.3180	1.3230	0.0040	
Ridomil Gold MZ GD 68	metalaxil	0.0000				
	mancozeb	0.0000				
Cuproflow SC 37,75	oxicloruro de cobre	0.0780	0.0320	0.0050	0.0780	0.0520
Previcur Energy LS 84	propamocarb	0.0020	0.0260	0.0110		
	fosetil-aluminio	0.0010	0.0150	0.0070		
Opera SE 18,3	pyraclostrobina	0.0200	0.0080	0.0940	0.0055	
	epoxiconazol	0.0070	0.0030	0.0350	0.0021	
Silvacur Combi CE 30	tebuconazol	0.0030			0.0218	0.0075
	triadimenol	0.0010			0.0073	0.0025
Orius ECNA CE 25	tebuconazol	0.0030	0.0050			
Domark CE 100	tetraconazol	0.0040		0.0040		
Esterol D 40 CE 45	2,4-D ester butilico	0.6000				
Biester CE 48	2,4-D ester butilico	0.1500				
	isocilico	0.1500				
2,4 D Sal de	2,4-D sal amina	0.2100		0.0100		0.1400

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	kg de Ingrediente Activo				
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero
Amina LS 72						
GLIFOSATO CS 48	glifosato	0.2430	0.0300			
Lifeline LS 280	glufosinato-amonio	0.0200			0.0500	0.0300
Devrinol SC 45	napropamida	0.1420	0.1080	0.0110		
Galigan CE 24	oxifluorfen	0.0030				
Dual Gold CE 96	s –metolaclor	0.3310	0.0010			
Xstrata SC 25	azoxistrobina		0.0010		0.0060	0.0020
Cabrio Team GD 18,7	pyraclostrobina		0.0080	0.0940	0.0098	
	dimetomorf		0.0140	0.1680	0.0175	
Biokil LS 48	glifosato		0.0070			
Lifeline LS 280	glufosinato-amonio		0.0200			
Alion CS 50	indaziflam		0.0010			
Agil CE 10	propaquizafop		0.0020			
Halt CE 96	s –metolaclor		0.1290	0.0300	0.0010	
Bolero PH 69	dimetomorf			0.0001		
	mancozeb			0.0010		
Infinito SC 68,75	fluopicolide			0.0010	0.0005	0.0005
	propamocarb			0.0080	0.0045	0.0055
TiramPH 80	tiram			0.0060		
Sphere Max SC 53,5	trifloxistrobina			0.0001		
	ciproconazol			0.0001		
Yaba M GD 66	valifenalate			0.0010	0.0018	0.0143
	mancozeb			0.0090	0.0175	0.1427
Flex CS 25	fomesafen			0.1290	0.0050	
TRIFLURALINA CE 48	trifluralina			0.0100		
Proclaim CE 1,9	benzoato de emamectina				0.0070	0.0410
Actellic CE 50	pirimifos- metilo				0.0500	
Morfat PH 69	dimetomorf				0.0202	0.0233
	mancozeb				0.1349	0.1552
Verita GD 71,14	fenamidona				0.0395	
	fosetil-aluminio				0.5938	
Profit GD 75	isoxaflutole				0.0020	0.0020
Paso D LS 30,4	picloram				0.0253	
	2,4 D				0.0947	
Mavrikc EW 24	fluvalinato-tau					0.0223
Cougar SC 28	azoxistrobina					0.0036
	ciproconazol					0.0014
Tebucur CE 30	tebuconazol					0.0150
	triadimenol					0.0050
Sable CE 6,9	fenoxaprop-p-etilo					0.0410
Papyrus PH 10	pirazosulfuron - etilo					0.0200

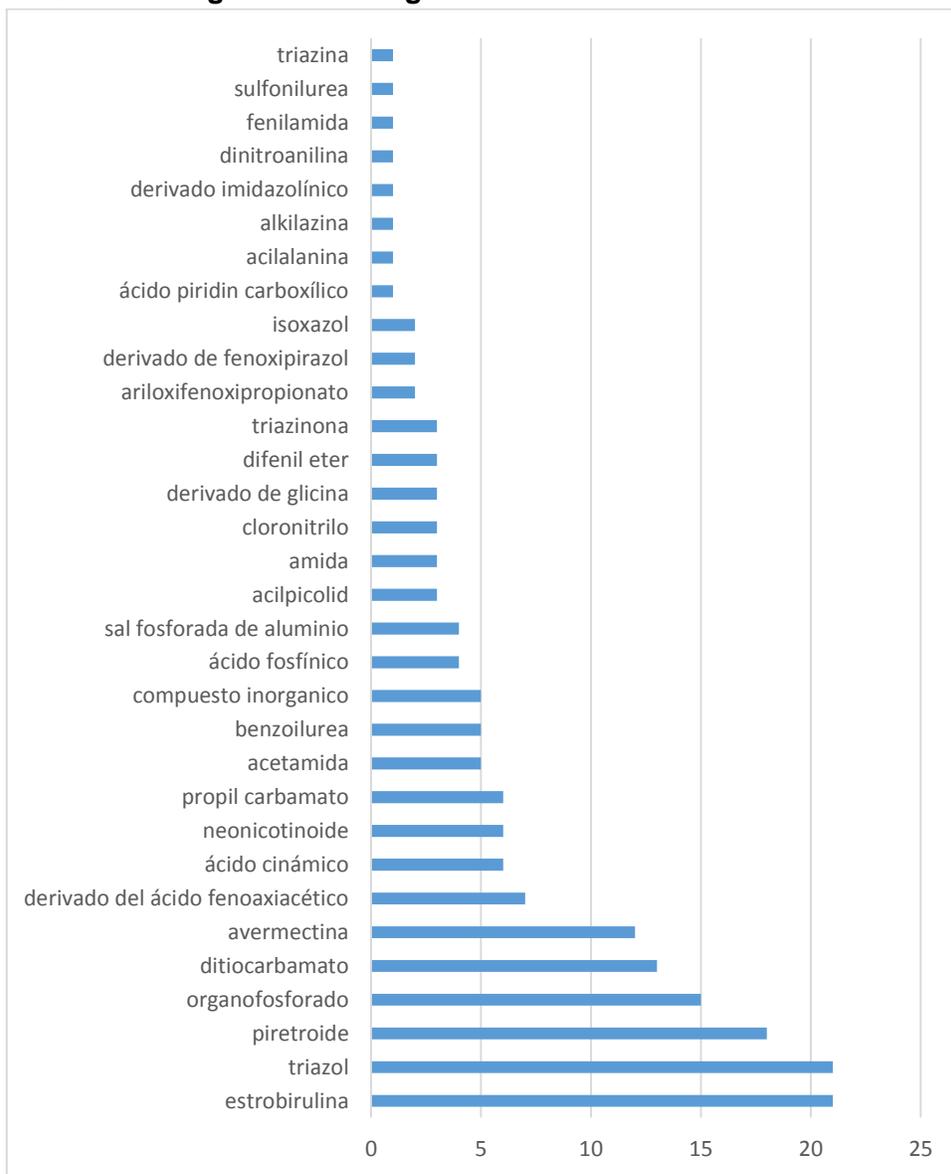
ANEXO 4: Frecuencia de uso de los ingredientes activos asignados por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal de Cabaiguán.



ANEXO 5: Frecuencia de uso de los ingredientes activos declarados por los campesinos durante la campaña tabacalera 2018-2019.



ANEXO 6: Frecuencia de las familias químicas asignadas por la Dirección Municipal de Sanidad Vegetal de Cabaiguán.



ANEXO 7: Frecuencia de las familias químicas declarados por los campesinos durante la campaña tabacalera 2018-2019.

