



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE TOXICIDAD EN AGUA DEL PROCESO DE LAVADO
DE BANANO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL UTILIZANDO COMO
BIOINDICADOR EL CAENORHABDITIS ELEGANS

ARCINIEGAS MONTENEGRO KATHERINE CECIBEL
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

CRUZ GUAMAN MADELAINE VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN DE TOXICIDAD EN AGUA DEL PROCESO DE
LAVADO DE BANANO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL
UTILIZANDO COMO BIOINDICADOR EL CAENORHABDITIS
ELEGANS

ARCINIEGAS MONTENEGRO KATHERINE CECIBEL
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

CRUZ GUAMAN MADELAINE VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2019



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

EVALUACIÓN DE TOXICIDAD EN AGUA DEL PROCESO DE LAVADO DE
BANANO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL UTILIZANDO COMO BIOINDICADOR
EL CAENORHABDITIS ELEGANS

ARCINIEGAS MONTENEGRO KATHERINE CECIBEL
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

CRUZ GUAMAN MADELAINE VANESSA
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

MACHALA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA
2019

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado EVALUACIÓN DE TOXICIDAD EN AGUA DEL PROCESO DE LAVADO DE BANANO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL UTILIZANDO COMO BIOINDICADOR EL CAENORHABDITIS ELEGANS, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



GONZALEZ CARRASCO VICTOR HUGO

0702323809

TUTOR - ESPECIALISTA 1



SILVERIO CALDERON CARMEN ELIZABETH

0702531351

ESPECIALISTA 2



DUTAN TORRES FAUSTO BALDEMAR

0705193183

ESPECIALISTA 3

Machala, 19 de septiembre de 2019

TOXICIDAD DE AGUA DE LAVADO BANANO

INFORME DE ORIGINALIDAD

1%

INDICE DE SIMILITUD

2%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

1%

2

www.orenses.com

Fuente de Internet

1%

3

www.miliarium.com

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 20 words

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Las que suscriben, ARCINIEGAS MONTENEGRO KATHERINE CECIBEL y CRUZ GUAMAN MADELAINE VANESSA, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE TOXICIDAD EN AGUA DEL PROCESO DE LAVADO DE BANANO ORGÁNICO Y CONVENCIONAL UTILIZANDO COMO BIOINDICADOR EL CAENORHABDITIS ELEGANS, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de septiembre de 2019



ARCINIEGAS MONTENEGRO KATHERINE
CECIBEL
0704452366



CRUZ GUAMAN MADELAINE VANESSA
0707081584

DEDICATORIA

Nuestro trabajo de titulación está dedicada a Dios ya que con amor y su infinita bondad ha guiado nuestro camino, permitiéndonos alcanzar una meta más en la vida, que sin duda alguna es el resultado de su cuidado y bendición.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, por guiarnos por el camino del bien, con valores, principios y amor hacia Dios, las cuales son las bases primordiales del triunfo alcanzado, y dándonos aliento para que podamos seguir avanzando con paso firme y muy seguro hacia el futuro.

De tal manera amó Dios al mundo

Porque de tal manera amó Dios al mundo,

Que ha dado a su Hijo unigénito,

Para que todo aquel que en él cree, no se pierda,

Más tenga vida eterna.

Juan 3:16

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios que con su infinito amor nos ha permitido culminar con éxito nuestra carrera universitaria, por habernos dado sabiduría para poder enfrentar cada obstáculo de la vida y llegar a la meta.

A nuestros padres por su apoyo incondicional, por mantenernos siempre en sus oraciones, inculcándonos de valores, principios, del amor y la confianza en Dios, haciéndonos conocer que sin Dios no somos nada y que con él lo tenemos todo, gracias por habernos incentivado en todo momento y permitirnos cumplir con un peldaño más en nuestra vida.

Morando bajo la sombra del Omnipotente

El que habita al abrigo del Altísimo

Morará bajo la sombra del Omnipotente.

Diré yo a Jehová: Esperanza mía, y castillo mío;

Mi Dios, en quien confiaré.

Él te librá del lazo del cazador,

De la peste destructora.

Con sus plumas te cubrirá,

Y debajo de sus alas estarás seguro;

Escudo y adarga es su verdad

Salmos 91: 1-4

RESUMEN

El Oro es una de las principales provincias con mayor actividad bananera en el Ecuador, impulsando el crecimiento económico de esta zona, el área de estudio de la presente investigación son los cantones de Machala y Santa Rosa, donde se encuentran los productores y exportadores bananeros más importantes de la provincia, donde se utilizan hasta la actualidad pesticidas de uso prohibidos y restringidos por las Agencias Nacionales Ambientales del país, ocasionando contaminación ambiental que perjudica la salud humana y provoca la muerte de diversos animales acuáticos, por el vertimiento de agua residuales a cuerpos de agua dulce y canales de mar sin ningún tipo de tratamiento, el cual, contiene trazas de pesticidas consecuencia del proceso de lavado de la fruta, por tal razón, el objetivo de esta investigación es evaluar la toxicidad del agua del proceso de lavado de banano por medio de la identificación de pesticidas organoclorados y así mismo un bioensayo toxicológico utilizando como modelo experimental el nematodo *Caenorhabditis elegans* dentro del cual se analiza la mortalidad de este bioindicador. Para este estudio se tomaron 2 muestras de agua del proceso de lavado de banano perteneciente una muestra de la bananera convencional situada en el cantón Machala y otra muestra de la bananera orgánica localizada en el cantón Santa Rosa. Para la determinación de la presencia de pesticidas se enviaron muestras al laboratorio CILAB Salud perteneciente a la Universidad Andina Simón Bolívar en la ciudad de Quito, a través, de la técnica de extracción de fase sólida SPE con cartucho C18 y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas GC-MS se identificó pesticidas organoclorados (OCP) ya que estas sustancias son consideradas como contaminantes orgánicos persistentes (COPs) de acuerdo al Convenio de Estocolmo, estos resultados son considerados positivos cuando el valor de Qvalue es mayor al 80% y para el análisis estadístico se lo realizó mediante el método PROBIT en el programa Statgraphics. Para el bioensayo toxicológico se emplearon 10 nematodos *C. elegans*, que fueron expuestos a diferentes diluciones de las muestras y en tiempos determinados 12, 24, 36 y 48 horas evaluando la mortalidad en cada lapso de tiempo y estableciendo así el Cl_{50} cuando la muestra presenta más del 50% de mortalidad del nematodo.

Los resultados de presencia de pesticida en las muestras de agua del proceso de lavado de banano fueron los siguientes: en la bananera orgánica no se identificó presencia de ningún pesticida organoclorado y en el bioensayo toxicológico dio como resultado 0% de mortalidad debido a que no se observó ninguna mortalidad en el nematodo, indicando así que no existe ninguna sustancia tóxica que perjudique al ser humano y el medio ambiente, mientras que en el análisis del agua de proceso de lavado de banano convencional se identificó la presencia de un pesticida organoclorado, endosulfan I siendo una sustancia agrotóxica prohibida y restringida por las Agencias Nacionales Ambientales del Ecuador, por considerarse una sustancia peligrosa, afectando la salud humana causando alteraciones endocrinas, hematológicas y neurológicas, así mismo, que es extremadamente tóxico para vertebrados e invertebrados acuáticos, y en el bioensayo toxicológico dio como resultado una concentración letal media de 54,01% de mortalidad, siendo así la bananera que presenta toxicidad fue la bananera convencional en comparación con la bananera orgánica. Se recomienda realizar un análisis cuantitativo de pesticidas organoclorados para garantizar cantidades mínimas permitidas por las Agencias Ambientales del país, así mismo, se sugiere el análisis cualitativo y cuantitativo de pesticidas carbamatos y organofosforados, que a pesar de no ser contaminantes persistentes como los pesticidas organoclorados también son de alta toxicidad para los seres vivos y el medio ambiente.

Palabras Claves: bananera convencional, bananera orgánica, *Caenorhabditis elegans*, pesticidas organoclorados, bioensayo

ABSTRACT

El Oro is one of the main banana Provinces in Ecuador, boosting economic growth in this area, the study area of this research is the cantons of Machala and Santa Rosa, where banana producers and exporters are located important in the province, where pesticides for use prohibited and restricted by the National Environmental Agencies of the country are used until now, causing environmental pollution that harms human health and causes the death of various aquatic animals, by the discharge of residual water to bodies of freshwater and sea canals without any treatment, which contains traces of pesticides as a result of the process of washing the fruit, for this reason, the objective of this investigation is to evaluate the toxicity of the water of the banana washing process by means of the identification of organochlorine pesticides and also a toxicological bioassay using as an experimental model the *Caenorhabditis elegans* nematode within which the mortality of this bioindicator. For this study 2 samples of water from the banana washing process belonging to a sample of the conventional banana plantation located in the canton Machala and another organic banana plantation located in the canton Santa Rosa were taken. For the determination of the presence of pesticides, samples were sent to the CILAB Salud laboratory belonging to the Universidad Andina Simón Bolívar in the city of Quito, through the solid phase extraction technique (SPE) with C18 cartridge and gas chromatography coupled to GC mass spectrometry (GC-MS), the OCP organochlorine pesticides were identified since these substances are considered as persistent organic pollutants (COPs) according to the Stockholm Convention, these results are considered positive when the value of Qvalue is greater than 80% and for statistical analysis it was carried out by means of the PROBIT method in the Statgraphics program. For the toxicological bioassay, 10 *C. elegans* nematodes were used, which were exposed to different dilutions of the samples and at determined times 12, 24, 36, 48 hours evaluating the mortality in each period of time and thus establishing the CI_{50} when the sample presents more than 50% mortality of the nematode. The results of the presence of pesticides in the water samples of the banana washing process were the following: in the organic banana plantation no presence of any organochlorine pesticide was identified and in the toxicological

bioassay it resulted in 0% mortality due to that was not observed no mortality in the nematode, indicating that there is no toxic substance that harms humans and the environment, while the presence of an organochlorine pesticide was identified in the analysis of the conventional banana washing process water, endosulfan I, being an agrochemical substance prohibited and restricted by the National Environmental Agencies of Ecuador, as a hazardous substance, affecting human health by causing endocrine, hematological and neurological disturbances, it is also extremely toxic to vertebrates and aquatic invertebrates, and in the toxicological bioassay resulted in a lethal concentration 54,01% mortality. It is recommended to perform a quantitative analysis of organochlorine pesticides to ensure minimum quantities allowed by the country's Environmental Agencies, the qualitative and quantitative analysis of carbamate and organophosphorus pesticides is also suggested, which are not persistent contaminants such as organochlorine pesticides are also highly toxic to living beings and the environment.

Keywords: conventional banana, organic banana, *Caenorhabditis elegans*, organochlorine pesticides, bioassay.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1.1 Problema General	13
1.1.2 Problemas Específicos	13
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo General	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3. JUSTIFICACIÓN	15
1.4. MARCO TEÓRICO	16
1.4.1 Datos generales del área de estudio	16
1.4.1.1 Cantón Machala	16
1.4.1.2 Cantón Santa Rosa	16
1.4.2 Industria bananera en el Ecuador y en la provincia de El Oro	17
1.4.3 Industria del banano convencional y banano orgánico	18
1.4.4 Pesticidas	19
1.4.4.1 Pesticidas Organoclorados	19
1.4.4.2 Pesticidas utilizados en las bananeras de estudio	20
1.4.4.3 Pesticidas prohibidos y restringidos en el Ecuador	21
1.4.5 Uso de pesticidas en la industria bananera – impacto ambiental	22
1.4.6 Caenorhabditis elegans como bioindicador experimental	23
1.4.6.1 Descripción	23
1.4.6.2 Caenorhabditis elegans en calidad de agua	24
MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Tipo de diseño de investigación	25
2.2 Identificación de variables	25
2.2.1 Variable independiente	25
2.2.2 Variables dependientes	25
2.3 Población y muestra	25
2.3.1 Población	25
2.3.2 Muestra	25

2.4 Materiales, equipos y sustancias	25
2.4.1 Materiales de laboratorio	25
2.4.2 Equipos	26
2.4.3 Reactivos	26
2.6 Técnicas y Métodos	28
2.6.1 Recolección de muestras de agua	28
2.6.2 Equipo Analítico	28
2.6.3 Mantenimiento de la cepa del nematodo <i>Caenorhabditis elegans</i>	30
2.6.4 Sincronización	30
2.6.5 Ensayo de Mortalidad	30
2.6.6 Análisis Estadístico	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	45

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Pesticidas utilizados en la Bananera Convencional	20
Cuadro 2. Pesticidas utilizados en la Bananera Orgánica	20
Cuadro 3. Pesticidas prohibidos y restringidos en el Ecuador	21
Cuadro 4. Pesticidas identificados en el agua del proceso de lavado del banano orgánico y convencional	31
Cuadro 5. Mortalidad de nematodos <i>C. elegans</i> en la muestra de agua del banano orgánico en diferentes concentraciones	32
Cuadro 6. Mortalidad de nematodos <i>C. elegans</i> en la muestra de agua del banano convencional en diferentes concentraciones	33
Cuadro 7. Valores de CL_{50} para bananera convencional con sus respectivos límites de confianza obtenidos a partir de Predicciones Inversas para Concentración del análisis Probit	35

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Provincia de El Oro, Cantón Machala y Santa Rosa. Área de estudio	17
Figura 2. Modelo ajustado con intervalos de confianza del 95% para mortalidad (36h) del nematodo <i>C. elegans</i> y concentraciones de la muestra de agua del lavado de banano convencional	34
Figura 3. Modelo ajustado con intervalos de confianza del 95% para mortalidad (48h) del nematodo <i>C. elegans</i> y concentraciones de la muestra de agua del lavado de banano convencional.	34
Figura 4. Agar para el análisis	44
Figura 5. Recolección de la muestra en la bananera orgánica	44
Figura 6. Recolección de la muestra en la bananera convencional	44
Figura 7. Diluciones de la muestra para el análisis de mortalidad	45
Figura 8. Traspaso de nematodos <i>C. elegans</i> a pocillos de análisis	45
Figura 9. Ensayo de mortalidad	. 45
Figura 10. Equipo de Cromatografía de gases acoplado a Espectrometría de Masas para el análisis de la presencia de pesticidas en las muestras de estudio	47
Figura 11. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en bananera orgánica	49
Figura 12. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en bananera convencional	49

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Evidencia Fotográfica	45
ANEXO B. Modelo de Ficha de Levantamiento de la Información	48
ANEXO C. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en las muestras de estudio	49

I. INTRODUCCIÓN

La toxicidad por el uso de agrotóxicos a nivel mundial ha aumentado notoriamente afectando al medio ambiente, a través, de las actividades agrícolas con un porcentaje máximo del 80% con la finalidad de eliminar la maleza, ácaros, insectos, babosas, nematodos, hongos, entre otros, que afectan al cultivo ¹. En países subdesarrollados como Colombia, Perú y Ecuador, se ha reflejado que en haciendas de baja y alta producción poseen una mayor utilización de los productos químicos empleados en grandes cantidades y que en ocasiones son restringidos por aquellos reglamentos que prevalecen en cada país debido a su fácil acceso y bajo costo ².

Ecuador es uno de los países con mayor producción de banano en el mundo y sus cultivos tienen una gran demanda de pesticidas en los últimos años, entre los cuales, el más utilizado son los insecticidas y fungicidas, seguido de herbicidas y nematicidas, entre otros, siendo estos regularizados por las normas INEN, MAGAP y AGROCALIDAD².

La mala manipulación de los pesticidas utilizados en las bananeras ocasiona un impacto ambiental, debido a que no tienen un control de los mismos, siendo sus residuos desechados a brazos de mar, ríos y en el suelo, pudiendo llegar así a las aguas subterráneas el cual su destino final es el mar, provocando la contaminación y muerte de animales marinos.

En diferentes investigaciones realizadas en el 2016 por el autor Clavijo demostró que el nematodo *C. elegans* es un modelo experimental eficaz para evaluar la toxicidad en muestras de aguas y también en sedimentos ³, por lo expuesto anteriormente se ha visto la necesidad de utilizar como bioindicador este nematodo para establecer la toxicidad en el agua de proceso de lavado de banano en las bananeras pertenecientes al cantón Machala y Santa Rosa de la Provincia de El Oro.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Problema General

- ¿Es posible evaluar la toxicidad en las muestras de agua del proceso de lavado del banano orgánico y convencional mediante el uso del bioindicador el nematodo *Caenorhabditis elegans*?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Existe la presencia de pesticidas organoclorados en las muestras de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional?
- ¿El nematodo *Caenorhabditis elegans* será afectado al ser expuesto a las diferentes diluciones de las muestras de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional? En caso de verse afectado. ¿Cuál es el porcentaje de mortalidad y la concentración letal media CL₅₀ en el nematodo *Caenorhabditis elegans* en las diferentes diluciones de las muestras de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la toxicidad del agua del proceso de lavado del banano orgánico y convencional utilizando como bioindicador el nematodo *Caenorhabditis elegans*.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la presencia de pesticidas organoclorados en el agua del proceso de lavado del banano convencional y orgánico.
- Determinar el porcentaje de mortalidad en diferentes diluciones de las muestras de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional mediante el bioindicador *Caenorhabditis elegans*.
- Determinar la concentración letal media (CL_{50}) de la muestra de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional mediante el bioindicador *Caenorhabditis elegans*.
- Comparar la toxicidad del agua del proceso de lavado entre la bananera orgánica y convencional estableciendo cuál es más tóxica.

Hipótesis

La actividad de las bananeras en la Provincia de El Oro, representa un problema para el medio ambiente, por el uso de sustancias químicas, las bananeras convencionales ocasionan mayor contaminación ambiental debido al gran uso de pesticidas en relación con las bananeras orgánicas, que utilizan sustancias no químicas, minimizando la contaminación, por lo tanto, la exposición del nematodo a las muestras de agua del proceso de lavado del banano posibilitará establecer la toxicidad por medio de su mortalidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha incrementado la utilización de pesticidas en la industria bananera, para evitar pérdidas de la cosecha, y así no afectar su economía. Sin embargo, no se ha percatado del uso desmedido e inadecuado de estas sustancias agrotóxicos afectando seriamente al medio ambiente en la contaminación del suelo, del agua y atmósfera ⁴.

Se considera que aproximadamente 1,8 billón de personas en todo el mundo trabajan en la agricultura ⁴, según datos proporcionados del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en el Ecuador aproximadamente 1'320.988.68 de hectáreas dedicadas a la actividad Agrícola emplea algún plaguicida químico y de cada 10 hectáreas 1 emplea plaguicidas de propiedad extremadamente tóxico. Se estima que el 47% de la población Agraria realiza la aplicación de agrotóxicos cerca de cuerpos de agua sin tener consideración de las normativas establecidas por la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que aconseja que los plaguicidas deberán ser aplicados a una distancia mayor a 200 metros de extensiones de agua ⁵.

Los plaguicidas producen graves consecuencias para el medio ambiente causando efectos en la superficie terrestre y contaminan el agua por medio de la escorrentía de estos agrotóxicos. El agua contaminada desemboca en el mar y va causando daños en el medio acuático siendo los más perjudicados los peces y en varias ocasiones la muerte del mismo ⁴.

Este proyecto tiene como objetivo evaluar la toxicidad del agua del proceso del lavado del banano perteneciente a la bananera convencional del cantón Machala y la bananera orgánica del cantón Santa Rosa, utilizando como modelo experimental el bioindicador *C. elegans*.

1.4. MARCO TEÓRICO

1.4.1 Datos generales del área de estudio

1.4.1.1 Cantón Machala

Machala cuenta con una extensión de 37.275,23 hectáreas, lo que representa el 6,49% total de la superficie de la Provincia de El Oro a la cual pertenece. Tiene como límites al Norte con El Guabo. Al Sur con Santa Rosa. Al Este con Pasaje y al Oeste con el Océano Pacífico y el Archipiélago de Jambelí ⁶.

Se conoce como la Capital Mundial del Banano y es considerada una de las ciudades más importantes del país gracias a la producción bananera, que es uno de los principales rubros de exportación en el Ecuador, ya que se encuentra ubicada en planicies de deposición aluvial, con relieve plano y suelos de buena fertilidad, lo cual es favorable para la actividad agrícola, por los grandes depósitos de nutrientes que existen en el suelo ⁶.

1.4.1.2 Cantón Santa Rosa

Santa Rosa cuenta con una superficie de 944.41 Km², está ubicado en la Provincia de El Oro, a 33 kilómetros de la ciudad de Machala en la planicie costera centro occidental. Tiene como límites al Norte con Machala, Pasaje. Al Sur con Arenillas, Piñas. Al Este con Pasaje y Atahualpa y al Oeste con el Océano Pacífico y Arenillas ⁷.

El cantón comprende de unas vastas áreas donde se realizan actividades importantes, como lo es el desarrollo exhaustivo de la agricultura, ya que las condiciones climáticas y geográficas han posibilitado y beneficiado a esta actividad. Un claro ejemplo de ello es la producción de banano, ya que más de la mitad de la superficie del Cantón son destinadas a este fin, demostrando así que es la mayor fuente de producción y riqueza de la zona ⁷.

Figura 1. Provincia de El Oro, Cantón Machala y Santa Rosa. Área de estudio



Fuente: Google Earth.

1.4.2 Industria bananera en el Ecuador y en la provincia de El Oro

En el Ecuador, la industria bananera se extendió después de que la industria cacaotera cayera a pique en 1920. La producción de banano se da mayormente en países en desarrollo con clima tropical como lo es nuestro país, el cual, es considerado uno de los más importantes productores y exportadores de este cultivo ya que representa el 22% total de las exportaciones mundiales, 27% total de exportaciones agrícolas y 8% de las exportaciones de todos los sectores para la economía ecuatoriana. Según datos expuestos por MAGAP, el 10% de la extensión agraria del país representa la totalidad de la producción de banano ocupando así más de 165.000 ha ⁸.

La producción de banano se encuentra establecida mayormente en tres provincias de la costa ecuatoriana, como lo son El Oro, Guayas y Los Ríos ⁸. A partir del año 1930 en la provincia de El Oro, se da inicialmente la producción y exportación de banano de variedad Gros Michel a los mercados internacionales ⁹. Actualmente en la provincia se representa principalmente por medianos y pequeños dueños de haciendas productoras de banano, considerándose así el 70% de las funciones económicas y mercantiles del sector agrícola en el país ¹⁰.

1.4.3 Industria del banano convencional y banano orgánico

Las bananeras convencionales son aquellas que emplean productos de síntesis química causantes de la contaminación ambiental ¹¹.

Es muy frecuente el uso considerable de plaguicidas para la eliminación de plagas, con el paso del tiempo los insectos adoptan resistencia a estos tipos de productos de síntesis química por lo que los agricultores optan por aplicar en grandes cantidades los plaguicidas y muchas veces utilizan producto con mayor toxicidad para asegurar la muerte de las plagas y así su cultivo no sea afectado ¹².

Ecuador está lejos de dejar la dependencia de los plaguicidas aun conociendo que el uso constante de plaguicidas puede ocasionar graves consecuencias en el medio ambiente y la salud humana ¹².

El banano orgánico, se enfoca en el manejo holístico del ecosistema ya que no utiliza productos químicos o fertilizantes sintéticos para proporcionar nutrientes y combatir alguna plaga presente en el cultivo. La utilización de técnicas y métodos orgánicos permite beneficios como lo es la reducción de los riesgos a la salud y al medio ambiente a largo plazo ¹³.

Las diferencias entre el sector de producción de banano convencional y orgánico pueden influir en la propiedad de la calidad y fisiología del banano. En el 2018, un estudio en Brasil demostró que la diferencia más significativa entre los dos tipos de cultivo, fue el tamaño de la fruta en donde se dio una mayor longitud del 70% en el banano convencional y además que las prácticas de cultivo también puede influenciar en la composición fotoquímica del banano ¹⁴. Existen diferentes variedades de banano son: Cavendish, Lady's Finger, Gros Michel, Lacatan, Grand Nain, Roja. Sin embargo el banano de tipo Cavendish es la que se cultiva con mayor proporción ¹⁵.

1.4.4 Pesticidas

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define a los pesticidas como sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga o vector que interfiere con la producción, procesamiento o comercialización de productos agrícolas ¹⁶.

Clasificación de los pesticidas

Se basa principalmente en ¹⁷:

- **Naturaleza química:** organoclorados, organofosforados, etc ¹⁷.
- **Requisito de solicitud:** agricultura, salud pública, nacional, etc ¹⁷.
- **Organismo objetivo o uso específico:** insecticidas, herbicida, fungicida, etc ¹⁷.

1.4.4.1 Pesticidas Organoclorados

Grupo de compuestos químicos clorados muy utilizados como pesticidas, estas sustancias químicas pertenecen a la clase de contaminantes orgánicos persistentes en el ambiente (COP's), son de baja solubilidad acuosa, baja polaridad, y alta solubilidad en lípidos. Su estructura química es muy relacionada, muestra anillos alifáticos o aromáticos sustituidos con cloro. Debido a sus semejanzas estructurales, estos compuestos comparten características fisicoquímicas como la persistencia, biocumulación y toxicidad. La vida media o persistencia de los pesticidas organoclorados varían de una persistencia moderada de aproximadamente 60 días hasta una alta persistencia con una vida media de hasta aproximadamente 10 - 15 años. Debido a esto el Convenio de Estocolmo ha clasificado la mayoría de los compuestos organoclorados como peligrosos para el medio ambiente y ha prohibido su uso, pero en muchos países en desarrollo aún siguen utilizándolos, lo que hace que esta prohibición sea inútil ¹⁷.

1.4.4.2 Pesticidas utilizados en las bananeras de estudio

Cuadro 1. Pesticidas utilizados en la Bananera Convencional

FUNGICIDAS				
Nombre	Principio Activo	Grupo Químico	Función	Categoría
Volley	Fenpropimorf	Morfolina	Control de hongo	IV (Producto que no ofrece peligro)
NEMATICIDA				
Verango	Fluopyram	Benzamides	Control de nematodos	III (Ligeramente peligroso)
INSECTICIDA				
Thionex	Endosulfan I	Organoclorado	Control de insecto	II (Moderadamente peligroso)

Fuente: Propietario de la bananera convencional

Elaboración: Autores

Cuadro 2. Pesticidas utilizados en la Bananera Orgánica

BACTERICIDA Y FUNGICIDA			
Nombre	Principio Activo	Función	Categoría
Dioxipac	ClO ₂	Control de bacterias y hongo	IV (Producto que no ofrece peligro)
Ausoil 23	Aceite de árbol de té australiano	Control de hongo	IV (Producto que no ofrece peligro)

Fuente: Propietario de la bananera orgánica

Elaboración: Autores

1.4.4.3 Pesticidas prohibidos y restringidos en el Ecuador

Cuadro 3. Pesticidas prohibidos y restringidos en el Ecuador

Acuerdo/Resolución	Productos	Justificativo
Acuerdo Ministerial N° 0112-1992	Aldrin, dieldrin, Endrin, BHC, Toxafeno, Clordimeform, Clordano, DDT, DBCP, Lindano, EDB, 2,4,5 T, Amitrole, Comp. Hg y Pb, TCC, Leptophos, Heptacoloro, Chlorobenzilato	Nocivos para la salud y prohibido su fabricación y comercialización en varios países
	Methyl Parathion, Diethyl Parathion, Ethyl Parathion, Mirex, Dinoseb	Contaminación ambiental
	Pentacloro-fenol	Solo para uso industrial
Acuerdo Ministerial N° 333-1999	Aldicarb Temik 10% y 15% G	Aplicación restringida en banano
Acuerdo Ministerial N° 123-2001	Zineb o combinaciones con otros fungicidas	Potencialmente nocivo para la salud humana
Registro N° 015-2005	Binapacril, Óxido de etileno, Biclورو de etileno	Riesgos carcinogénicos y nocivos para la salud humana, animal y ambiente
	Monocrotofos	Nocivo para la salud y ambiente
	Dinitro Orto Cresol	Producto peligroso
Resolución N° 073-2009	Captafol, Fluoroacetamida, HCH, HCB, Paration, Pentaclorofenol, Formulaciones de polvo seco, Methamidophos, Fosfamidón	Dañinos para la salud y ambiente
Resolución N° 178-2011	Endosulfán y sus mezclas	Contaminantes orgánicos persistentes
Resolución N° 136-2013	Carbofuran y sus mezclas	Nocivos para el medio ambiente y la salud
Resolución N° 0298-2015	Metamidofos y mezclas	Convenio de Rotterdam por ser nocivo para la salud y ambiente
Resolución N° 136-2015	Alaclor y sus mezclas	
Resolución N° 150-2017	Carbofuran y sus mezclas, Trichlorfon y sus mezclas	

Fuente: AGROCALIDAD; Coordinación General de registros de insumos Agropecuarios, Dirección de Registros de Insumos Agrícolas, Quito-Ecuador, mayo de 2017 ¹⁸.

1.4.5 Uso de pesticidas en la industria bananera – impacto ambiental

La industria bananera es una de las actividades de la agricultura en donde han identificado que la utilización de algunos productos químicos a largo plazo y constantemente son un riesgo para la salud humana y el medio ambiente por lo que convenios internacionales han llegado a restringirlos pero aún hay casos en que haciendas productoras de banano hacen caso omiso a estas leyes y peor aún es que en esta actividad se da mayormente descargas de sus efluentes deliberadamente en el medio ambiente tales que las sustancias químicas utilizadas podrían acabar con algunas formas de vida en el mundo ^{1 19}.

En la provincia de El Oro la producción de banano convencional se produce mayormente, la cual se ve afectada por hongos, insectos y ácaros, para combatir estas plagas se requiere la utilización intensiva de pesticidas, para ello la aplicación de estos productos químicos se lo realiza con mochilas rociadoras y con avionetas los cuales frecuentemente no cumplen con los métodos legislados resultando así en una exposición generalizada de estos productos ocasionando daños al ecosistema y a la población ²⁰.

Aunque se conoce de los beneficios de estos productos cabe destacar que no solo tiene este fin, ya que alteran en menor o mayor grado a los demás seres vivos inconscientemente, esto se debe a que del 100% de la aplicación de las aspersiones aéreas de pesticidas únicamente el 10% alcanzan al organismo objetivo mientras que el 90% de la aspersión no cubre las demás superficies afectadas por la plaga, dando como resultado que los ecosistemas terrestres y acuáticos próximos presente algún nivel toxicológico ^{21 22}.

Estos productos químicos están incluidos en el grupo de destructores ambientales que están llevando a un peligro a la biodiversidad de las aguas superficiales mundiales. El ambiente acuático frecuentemente está expuesto a combinaciones de pesticidas con compuestos y concentraciones fluctuantes ²³. Esto se debe a que las sustancias químicas utilizadas derivan directamente al medio acuático ya sea por transporte aéreo, drenaje que conlleva a una lixiviación de estos pesticidas al agua subterránea o por último los residuos de las aguas con estos productos lo depositan directamente a canales de agua que van a brazos de mar ²⁴. Por tal razón estos ecosistemas (lagos, estanques, ríos,

mares) están experimentando una gran contaminación con estas sustancias lo que trae consigo una numerosa pérdida de especies marinas como son los peces y hasta plantas acuáticas, sin saber que esto trae consigo grandes repercusiones, por ejemplo tales plantas acuáticas suministran cerca del 80% del oxígeno disuelto el cual es necesario para mantener la vida en el medio acuático por lo que la destrucción de ellas ocasionan un gran peligro de extinción de las especies marinas ²⁵.

Tenemos entre ellos también los contaminantes orgánicos persistentes que se almacenan en el cuerpo del ser humano por medio del consumo de los organismos acuáticos contaminados, agua potable y suplementos agrícolas. Se ha demostrado que los animales marinos tienen la baja capacidad de metabolizar los COP's acumulándose así en mayores concentraciones que los animales terrestres. Estos contaminantes pueden causar varios efectos adversos para la salud humana y de los animales, como trastornos endocrinos, reproductivos, del desarrollo hasta efectos neurotóxicos y cancerígenos ¹⁹.

1.4.6 Caenorhabditis elegans como bioindicador experimental

1.4.6.1 Descripción

Nematodo que habita en los poros intersticiales del suelo. Su ciclo de vida es corto generalmente de 3 a 4 días a una temperatura de 20°C. Su tamaño es de 1mm y es transparente por lo que se puede observar todas las clases de células que presenta en todos sus estadios de desarrollo ²⁶.

Los nematodos mayormente se presentan como hermafroditas, de ahí un 0,3% son machos. La fertilización de las hermafroditas se da en un tiempo promedio de 2 a 3 días, y la vida del nematodo adulto es de 2 a 3 semanas a 20°C. El ciclo reproductivo es de 2.5 a 4 días y su esperanza de vida es de 12 a 20 días a temperatura ambiente ²⁷.

La evaluación de toxicidad puede agruparse por diferentes efectos biológicos en el nematodo como lo son: locomoción, reproducción, letalidad, crecimiento, entre otros. La prueba más común que se realiza es la de letalidad, la cual permite determinar la tasa de mortalidad resultante de la toxicidad aguda en una curva de concentración – respuesta ²⁸.

1.4.6.2 *Caenorhabditis elegans* en calidad de agua

Es uno de los bioindicadores de toxicidad más importantes y ampliamente utilizado en diversos campos de la investigación actual ²⁹. Para que un organismo sea adoptado como bioindicador este debe cumplir con ciertos requisitos, como lo es que el organismo debe ser sensible a las sustancias de prueba, de fácil manejo en el laboratorio y disponible durante un amplio periodo de tiempo ³. Como es el caso del nematodo *Caenorhabditis elegans*, el cual cumple todo estos requisitos ya que es de fácil manejo tiene un ciclo de vida corto y es de bajo costo para procedimientos experimentales y es sensible a sustancias y elementos químicos ³⁰.

Diversos autores, como Peredney y Williams han demostrado que este nematodo, es un importante modelo de bioindicador para la evaluación toxicológica in vivo de muestras ambiental para conocer la toxicidad de ambientes acuáticos y terrestres basados en el uso de las afecciones del nematodo como lo son la letalidad, locomoción, estrés oxidativo, reproducción, desarrollo, entre otros ^{3 31 32}. Lo cual esto contribuye a mejorar la gestión de la calidad del agua para su conservación y garantizando el cuidado del ecosistema acuático ³³.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Tipo de diseño de investigación

La investigación realizada es cuasi experimental debido a que se utilizó métodos y procedimientos confiables que ya han sido empleados en diferentes investigaciones de revistas científicas.

2.2 Identificación de variables

2.2.1 Variable independiente

- Concentraciones de la muestra de agua

2.2.2 Variables dependientes

- % Mortalidad del nematodo *Caenorhabditis elegans*
- Concentración letal media (CL₅₀)

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

- Bananeras orgánica y convencional pertenecientes a la provincia de El Oro.

2.3.2 Muestra

- Agua del proceso de lavado de banano orgánico del Cantón Santa Rosa y del banano convencional del Cantón Machala

2.4 Materiales, equipos y sustancias

2.4.1 Materiales de laboratorio

- Frascos de vidrio ámbar 1000 ml
- Vasos de precipitación 50 ml, 100 ml
- Cajas Petri
- Probeta 25 ml, 100 ml
- Erlenmeyer 500 ml, 1000 ml
- Tubos de ensayo

- Tubo Falcon de 2 ml, 15 ml
- Micro puntas
- Micropipetas
- Pipetas Pasteur
- Lámpara de alcohol
- Lámpara de luz blanca
- Espátula
- Viales de almacenamiento de 4mL
- Viales de inyección de 2mL
- Gases: Helio, Nitrógeno – calidad comercial estándar alta pureza (99.9990%)
- Cartuchos Thermo Scientific C18 para extracción SPE

2.4.2 Equipos

- Estereoscopio binocular marca Labomed Ref. CZM6
- Cromatógrafo de Gases Agilent 6890N, acoplado a espectrómetro de masas 5973N, autosampler 7683 series, MSD Productivity ChemStation, Revision D.02.00.SP1, NIST, Mass Spectral Library, Revision 2005, NBS, Wiley, NIST 98, NIST05.
- Centrifuga marca Dynac
- Autoclave modelo YX-18 LM
- Estufa
- Refrigerador Electrolux
- Incubadora
- Balanza analítica

2.4.3 Reactivos

- Medio K
- Agar K
- Agua destilada
- Agua MiliQ
- Solución Bleach

- Alcohol industrial
- Alcohol potable
- Peptona
- NaCl
- NaOH
- n-hexano grado analítico
- Acetato de etilo grado analítico
- Diclorometano grado analítico
- Metanol grado analítico
- Sulfato de sodio anhidro granular
- Estándar analítico de pesticidas organoclorados, SS CLP Organochlorine Pesticide Mix. 2000 ug/ml in tolueno:hexano (50:50), SUPELCO 4S7426-U.

2.4.4 Material biológico

- Nematodos *Caenorhabditis elegans* cepa N2
- *Escherichia coli* OP50

2.5 Localización del Área de estudio

❖ Bananera Convencional

Ubicación sectorial y física de la investigación

País: Ecuador, Provincia: El Oro; Cantón: Machala; Sector: Pajonal

La investigación se llevó a cabo en la hacienda 1, la cual posee una extensión de 35 hectáreas, dedicada a la explotación del banano convencional de variedad Cavendish.

❖ Bananera Orgánica

Ubicación sectorial y física de la investigación

País: Ecuador, Provincia: El Oro; Cantón: Santa Rosa; Sector: Jumón

La investigación se llevó a cabo en la hacienda 2, la cual posee una extensión de 43 hectáreas, dedicada a la explotación del banano orgánico de variedad Cavendish.

2.6 Técnicas y Métodos

2.6.1 Recolección de muestras de agua

Se recolectaron muestras de agua de las piscinas donde se realiza el proceso de lavado de banano, tanto en la bananera convencional del Cantón Machala como la bananera orgánica del Cantón Santa Rosa.

Las muestras de agua fueron recolectadas en botellas de vidrio color ámbar como lo establece la Norma INEN 2169:2013 ³⁴ en 5 puntos diferentes y tomadas a 10 y 50 cm de la superficie de la piscina, fueron transportadas en un cooler con hielo para mantener las muestras a una temperatura de -4°C y en el laboratorio fueron almacenadas a -10°C en un freezer.

2.6.2 Equipo Analítico

Para la identificación de la presencia de pesticidas se empleó la técnica de extracción en fase sólida (SPE) con cartuchos C18, y con el equipo de cromatografía de gases con columna capilar acoplada a espectrometría de masas GC-MS ³⁶.

Pretratamiento de la muestra

- Las muestras de agua se filtraron a través de filtros hidrofílicos de 0,45µm para eliminar cualquier partícula suspendida ³⁶.

Extracción de la muestra

- Previo a la extracción, al cartucho C18 se lo acondiciona primero con 6 ml de diclorometano y 6 ml de acetato de etilo, luego con metanol y agua ultrapura (Tipo I) cada 10ml, respectivamente ³⁶.
- Se carga las muestras de agua (500ml) en el cartucho C18 filtrándose en ella a través de un caudal de 10ml/min⁻¹ al vacío ³⁶.

- Después de la extracción, la columna con los analitos se eluyeron con 10 ml de diclorometano para producir una fracción que contenga pesticidas organoclorados (OCP). Los eluyentes se secaron pasando a través de sulfato de sodio anhidro y luego se concentraron bajo una corriente suave de nitrógeno de alta pureza ³⁶.
- Finalmente, los extractos se reconstituyeron agregando 100 ml de n-hexano para el análisis en cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) ³⁶.

Análisis de la muestra

- Para el análisis cualitativo de los OPC se lo llevó a cabo en el laboratorio CILAB Salud, mediante el equipo de cromatografía de gases Agilent 6890N equipado con un espectrómetro de masas, utilizando una fuente de iones en el modo de monitorización de iones (SIM) el cual se desarrolla utilizando los parámetros ya establecidos en el modo SCAN anteriormente, utilizando los cuatro iones principales generalmente estos son los más altos para cada uno de los componentes ³⁶.
- Se utiliza 1ml del extracto de la muestra en el cual se inyecta automáticamente en una columna capilar HP – 5MS (30.0 m x 0,25 mm x 0.25 µm). El gas utilizado como portador fue el gas helio a un flujo constante de 1,0 ml/min. El inyector y detector funcionaron a una temperatura de 250°C y 300°C respectivamente ³⁶.
- La fuente de iones y las temperaturas de la interfaz del espectrómetro de masas se establecieron en 230°C y 150°C, respectivamente. La temperatura del horno del cromatógrafo de gases se programó de la siguiente forma: Temperatura inicial se mantuvo a 70°C (1min), y luego se programó a 30°C/min a 190°C (4min) a 10°C/min, manteniendo la temperatura final durante 0,5 min a 270°C. Por último, los datos fueron adquiridos y procesados con el Software ChemStation ³⁶.

Criterios de aceptación – rechazo

- Los resultados se aceptarán como positivos cuando el valor de Qvalue es mayor a 80%.

2.6.3 *Mantenimiento de la cepa del nematodo *Caenorhabditis elegans**

Para el crecimiento y reproducción óptima del nematodo se preparó un agar selectivo denominado Agar K, planteado en el protocolo de la CGC (Centro Genético de *Caenorhabditis*), para preparar este medio de cultivo se utiliza peptona, agar, ClNa, ClK respectivamente disueltos en agua milliQ y se autoclava a 120°C por 1 hora. Luego se le añade Colesterol, MgSO₄ y CaCl₂, finalmente el Agar K es vertido en las cajas Petri, y en su superficie se coloca bacterias *Escherichia coli* OP50, el cual sirve de alimento para el nematodo ³⁵.

2.6.4 *Sincronización*

La finalidad de este proceso es obtener nematodos en un estadio larvario L4, para ello se verificó en las cajas Petri la presencia considerable de huevos, por consiguiente se lavó con medio K, se transfirió con mucho cuidado en los tubos Falcon y se centrifugó a 2200 rpm por aproximadamente 2 min, para ello se colocó los tubos Falcon en hielo durante por 5 minutos, luego se elimina el sobrenadante con la ayuda de una micropipeta y se procede a añadir hipoclorito de sodio juntamente con hidróxido de sodio agitando suavemente por un tiempo determinado de 6 minutos, esta solución ayudará a destruir por completos las larvas, nuevamente se procede a centrifugar a 2200 rpm por 2 min, se elimina el sobrenadante y se agrega de 13 a 15 ml de medio K, se procede a centrifugar y se elimina el sobrenadante, este procedimiento se lo repite aproximadamente 3 veces y como paso final los huevos serán colocados en una nueva caja Petri respectivamente con su alimento ³⁵.

2.6.5 *Ensayo de Mortalidad*

Para evaluar la toxicidad del agua del proceso de lavado de banano se utilizó una microplaca de 96 pocillos en donde se realizó la respectiva dilución de las muestras de agua, a una concentración del 100%, 75%, 50%, 25% y 5%, en cada pocillo de dilución

se colocaron 10 nematodos *C. elegans* en estadios L4 con la ayuda de una pipeta Pasteur de vidrio que posee un filamento de platino en la punta previamente esterilizado para evitar cualquier contaminación. El ensayo se lo realizó con la ayuda de un estereoscopio binocular que nos permitió observar el número de nematodos muertos y vivos, esta lectura se lo realizó en tiempos establecidos, a las 12, 24, 36 y 48 horas.

2.6.6 Análisis Estadístico

Con el fin de establecer las curvas de respuesta entre mortalidad del nematodo *C. elegans* vs la concentración de la muestra de agua del proceso de lavado de banano orgánico y convencional y determinar los valores de concentración letal media (CL_{50}) con límites de confianza de 95% fue aplicado mediante el método de PROBIT Dosis-Respuesta, que es una manera especializada de análisis de regresión para variables de respuesta binomial, es decir, variables con un solo resultado posible (positivo/negativo) ³⁷, con el empleo del programa Statgraphics.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 4. Pesticidas identificados en el agua del proceso de lavado del banano orgánico y convencional.

ANÁLISIS DE PESTICIDAS IDENTIFICADOS EN EL AGUA DEL PROCESO DE LAVADO DE BANANO CONVENCIONAL Y ORGÁNICO				
Bananera	Pesticidas identificados	Rango Qvalue mínimo	Resultado de Qvalue	Resultado
CONVENCIONAL	Endosulfan I	80%	97%	POSITIVO
ORGÁNICA	-		-	NEGATIVO

Fuente: Laboratorio CILAB Salud

Elaboración: Autores

El cuadro 4, muestra que en la muestra de agua de la bananera orgánica no se halló la presencia de ningún pesticida, en conjunto con el cuadro 2 se evidencia que en esta bananera utilizan productos orgánicos y biodegradables en el ambiente que no causan ningún daño ni perjudica al ser humano. Por el contrario, en la bananera convencional se encontró la presencia de endosulfán I, un pesticida organoclorado considerado como un contaminante orgánico persistente, que es ampliamente utilizado como insecticida a nivel mundial ^{38 39} y su utilización se ha prohibido en Ecuador debido a que afecta la salud humana causando alteraciones endocrinas, hematológicas, neurológicas ^{40 41}, y es extremadamente tóxico para el medio acuático, acumulándose en los tejidos de los peces, afectandolos aún en niveles bajos de $4,9 \text{ ugL}^{-1}$ a vertebrados e invertebrados marinos ⁴².

Cuadro 5. Mortalidad de nematodos *C. elegans* en la muestra de agua del banano orgánico en diferentes concentraciones.

%Concentración	Expuestos	TIEMPO DE EXPOSICIÓN											
		12 h			24 h			36 h			48 h		
		M	%M	%MT	M	%M	%MT	M	%M	%MT	M	%M	%MT
100	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
100	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
75	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
75	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
50	10	0	0		0	0		0	0		0		
50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
25	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
5	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
0	10	0	0		0	0		0	0		0	0	

M=Mortalidad; %M=Porcentaje de Mortalidad; %MT= Porcentaje de Mortalidad Total

Fuente y Elaboración: Autores

Cuadro 6. Mortalidad de nematodos *C. elegans* en la muestra de agua del banano convencional en diferentes concentraciones.

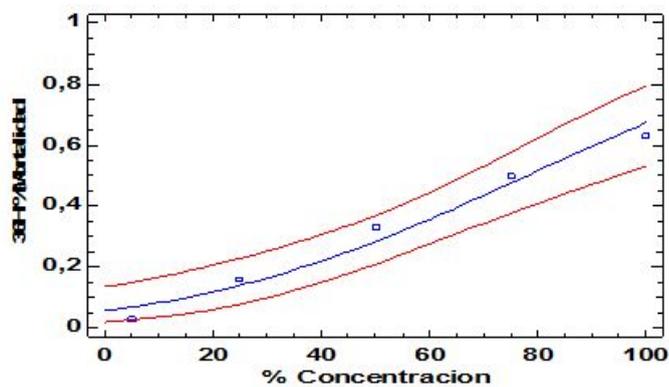
%Concentración	Expuestos	TIEMPO DE EXPOSICIÓN											
		12 h			24 h			36 h			48 h		
		M	%M	%MT	M	%M	%MT	M	%M	%MT	M	%M	%MT
100	10	2	20	20	5	50	40	6	60	63	7	70	73
100	10	2	20		3	30		6	60		8	80	
100	10	2	20		4	40		7	70		7	70	
75	10	1	10	16	4	40	30	5	50	50	6	60	66
75	10	2	20		2	20		6	60		7	70	
75	10	2	20		3	30		4	40		7	70	
50	10	0	0	10	2	20	26	3	30	33	4	40	50
50	10	2	20		3	30		3	30		5	50	
50	10	1	10		3	30		4	40		6	60	
25	10	0	0	3	1	10	10	2	20	16	2	20	20
25	10	0	0		1	10		1	10		2	20	
25	10	1	10		1	10		2	20		2	20	
5	10	0	0	0	0	0	0	1	10	3	1	10	3
5	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
5	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	10	0	0		0	0		0	0		0	0	
0	10	0	0		0	0		0	0		0	0	

M=Mortalidad; %M=Porcentaje de Mortalidad; %MT= Porcentaje de Mortalidad Total

Fuente y Elaboración: Autores

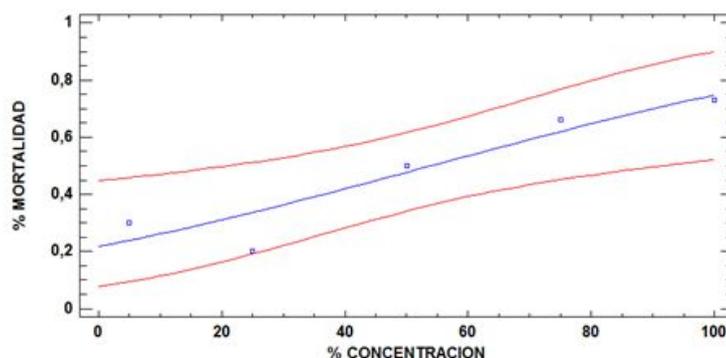
En los cuadros 5 y 6 se muestran los resultados de los porcentajes de mortalidad del nematodo *C. elegans* observados durante lapsos de tiempo de 12, 24, 36 y 48 horas de exposición para cada una de las bananeras (orgánica y convencional). Debido a que la bananera orgánica no presentó muerte del nematodo no fue posible establecer las relaciones concentración vs mortalidad para calcular la concentración letal media CL_{50} en todos los lapsos de tiempo, razón por la que se presentan únicamente los análisis PROBIT para la bananera convencional a las 36 y 48h de exposición, ya que en estos tiempos ya se presenta el 50% de mortalidad.

Figura 2. Modelo ajustado con intervalos de confianza del 95% para mortalidad (36h) del nematodo *C. elegans* y concentraciones de la muestra de agua del lavado de banano convencional.



Fuente y Elaboración: Autores

Figura 3. Modelo ajustado con intervalos de confianza del 95% para mortalidad (48h) del nematodo *C. elegans* y concentraciones de la muestra de agua del lavado de banano convencional.



Fuente y Elaboración: Autores

Las figuras 1 y 2 muestran el modelo ajustado con intervalos de confianza del 95% para la mortalidad del nematodo vs la concentración de la muestra de la bananera convencional en los lapsos de tiempo de 36 y 48 horas de exposición.

Cuadro 7. Valores de CL_{50} para bananera convencional con sus respectivos límites de confianza obtenidos a partir de Predicciones Inversas para Concentración del análisis PROBIT.

Bananera	Tiempo (h)	CL_{50}	R^2
Convencional	36	77,92	0,9748
	48	55,01	0,9829

Fuente y Elaboración: Autores

En el cuadro 7 se indican los valores correspondientes a CL_{50} con intervalos de confianza al 95% para la muestra de la bananera convencional a las 36 y 48 horas de exposición. Demostrando así que en la bananera convencional tanto a las 36 y 48 horas de exposición presenta mayor toxicidad, ya que se requirió de menor dilución en estos tiempos para producir el 50% de mortalidad en el nematodo bajo las condiciones de bioensayo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los cuadros 1 y 7, evidencian que el agua del proceso de lavado de banano convencional presenta toxicidad debido a que se identificó un pesticida organoclorado, el Endosulfán I y presentó un CL_{50} de 55,01%, mientras que el agua del proceso de lavado de banano orgánico no presenta toxicidad ya que no se encontró ningún pesticida organoclorado y su CL_{50} no se logró determinar por la ausencia de mortalidad de los nematodos por lo que indica que no presenta sustancias agrotóxicas.

IV. CONCLUSIONES

- En la bananera orgánica no se encontró la presencia de residuos de algún pesticida, sin embargo, en la bananera convencional si se evidenció la presencia de un pesticida organoclorado, endosulfán I.
- Se logró demostrar que el bioindicador *Caenorhabditis elegans* fue útil para establecer el porcentaje de mortalidad en el agua de proceso de lavado de banano tanto en la bananera orgánica como la convencional.
- La concentración letal media (CL_{50}) fue de 77,92% a las 36 horas y de 55,01% a las 48 horas en la muestra de agua de proceso de lavado de banano convencional, sin embargo no fue posible determinar el CL_{50} en la muestra de la bananera orgánica debido a la ausencia de mortalidad de los nematodo *C. elegans*.
- De acuerdo a los resultados obtenidos tras aplicar la identificación de pesticidas organoclorados y ensayo toxicológico se determinó que si presenta toxicidad la muestra de agua del proceso de lavado del banano convencional evidenciando que existe un riesgo toxicológico tanto para la salud humana como para el medio ambiente en comparación con la muestra de la bananera orgánica que no presentó toxicidad, por lo que se considera que está libre de sustancias agrotóxicas.

V. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de pesticidas carbamatos y organofosforados, que a pesar de no ser contaminantes persistentes como los pesticidas organoclorados, son de alta toxicidad para los seres vivos y el medio ambiente.
- Incentivar el cultivo de banano orgánico para preservar la salud humana y el cuidado del medio ambiente motivando así a un hábitat libre de sustancias contaminantes.
- Capacitar a los trabajadores agrícolas mediante conferencias acerca del uso adecuado de pesticidas y los grados de toxicidad de cada uno de ellos, de esta manera concientizando el riesgo al que está expuesto su salud y el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Del Puerto Rodríguez, A. M.; Suárez Tamayo, S.; Palacio Estrada, D. E. Efectos de Los Plaguicidas Sobre El Ambiente y La Salud. *Rev. Cubana Hig. Epidemiol.* **2014**, 52 (3), 372–387.
- (2) Deknock, A.; De Troyer, N.; Houbraken, M.; Dominguez-Granda, L.; Nolivos, I.; Van Echelpoel, W.; Forio, M. A. E.; Spanoghe, P.; Goethals, P. Distribution of Agricultural Pesticides in the Freshwater Environment of the Guayas River Basin (Ecuador). *Sci. Total Environ.* **2019**, 646, 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>.
- (3) Clavijo, A.; Kronberg, M. F.; Rossen, A.; Moya, A.; Calvo, D.; Salatino, S. E.; Pagano, E. A.; Morábito, J. A.; Munarriz, E. R. The Nematode *Caenorhabditis Elegans* as an Integrated Toxicological Tool to Assess Water Quality and Pollution. *Sci. Total Environ.* **2016**, 569–570, 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.057>.
- (4) Salcedo, A.; Díaz, S.; González, J.; Rodríguez, A.; Varona, M. Exposición a Plaguicidas En Los Habitantes de La Ribera Del Río Bogotá (Suesca) y En El Pez Capitán. *Rev. Ciencias la Salud* **2012**, 10 (SPECIAL ISSUE), 29–41. <https://doi.org/10.12804/REVISTAS.UROSARIO.EDU.CO/REVSALUD/A.2026>.
- (5) Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC. Uso de Plaguicidas En La Agricultura. *Ecuadorencifras* **2013**, 1–15.
- (6) Machala, G. A. D. PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA. **2018**, 129.
- (7) MAE. Propuesta de Ordenamiento Territorial de La Faja Costera Del Cantón Santa Rosa, Provincia de El Oro. **2008**, 31.
- (8) Elbehri, A.; Calberto, G.; Staver, C.; Hospido, A.; Roibas, L.; Skully, D.; Siles, P.; Arguello, J.; Sotomayor, I. . B. *Cambio Climático y Sostenibilidad Del Banano En El Ecuador : Evaluación de Impacto y Directrices de Política*; Roma, Italia, **2015**.

- (9) Jean, P.; Jessica, L. Propuesta de Una Ruta Turística Bananera En Base a La Historia Regional, Provincia El Oro, de Ecuador. *Rev. Científica Univ. y Soc.* **2016**, *8*, 150.
- (10) León, L. A. *La Sostenibilidad Ambiental En El Sector Productivo Bananero Del Cantón Machala*; **2017**.
- (11) Agrocalidad. *Reglamento de La Normativa de La Producción Orgánica Agropecuaria En El Ecuador*; Ecuador, **2013**.
- (12) Naranjo, A. La Otra Guerra: La Situación de Los Plaguicidas En El Ecuador. *Br. J. Psychiatry* **1965**, *111* (479), 1009–1010. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>.
- (13) Hammond Wagner, C.; Cox, M.; Bazo Robles, J. L. Pesticide Lock-in in Small Scale Peruvian Agriculture. *Ecol. Econ.* **2016**, *129*, 72–81. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.05.013>.
- (14) Oliveira, A.; Lopes, M. M.; Souza, K. O. De; Siqueira, L. De; Farley, C.; Moura, H.; Raquel, M.; Miranda, A. De. Organic versus Conventional ‘ Prata - Anã ’ Banana : Effects on Quality , Bioactive Compounds and Oxidative Markers. *J. Hortic. Postharvest Res.* **2019**, *2* (1), 1–12. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2018.1743.1027>.
- (15) Soledispa, M. Impacto Ambiental de La Producción y Exportación de Banano Convencional y Orgánico, Universidad de Guayaquil, **2016**.
- (16) Tuzimski, T. *Herbicides and Pesticides*, 3rd ed.; Elsevier Inc., **2018**. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-409547-2.14395-1>.
- (17) Jayaraj, R.; Megha, P.; Sreedev, P. Review Article. Organochlorine Pesticides, Their Toxic Effects on Living Organisms and Their Fate in the Environment. *Interdiscip. Toxicol.* **2016**, *9* (3–4), 90–100. <https://doi.org/10.1515/intox-2016-0012>.
- (18) AGROCALIDAD. Plaguicidas Prohibidos En El Ecuador, Dirección de Registro de Insumos Agrícolas. **2017**, 27–29.

- (19) Ongley, E. D. *Lucha Contra La Contaminación Agrícola de Los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55)*; Roma, **1997**.
- (20) Brisbois, B. Bananas, Pesticides and Health in Southwestern Ecuador: A Scalar Narrative Approach to Targeting Public Health Responses. *Soc. Sci. Med.* **2016**, *150*, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2015.12.026>.
- (21) Schaaf, A. A. Valoración de Impacto Ambiental Por Uso de Pesticidas En La Región Agrícola Del Centro de La Provincia de Santa Fe, Argentina. *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas* **2017**, *7* (6), 1237. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i6.173>.
- (22) Zamora, T. Degradación de Fungicidas Utilizados En Cultivos de Banano Mediante Procesos Fotoquímicos Fungicide Degradation Used in Banana Crops by Photochemical Processes. *Cumbres* **2017**, *3* (1), 1171–1181.
- (23) Iturburu, F. G.; Calderon, G.; Amé, M. V.; Menone, M. L. Ecological Risk Assessment (ERA) of Pesticides from Freshwater Ecosystems in the Pampas Region of Argentina: Legacy and Current Use Chemicals Contribution. *Sci. Total Environ.* **2019**, *691*, 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.044>.
- (24) Deknock, A.; De Troyer, N.; Houbraken, M.; Dominguez-Granda, L.; Nolivos, I.; Van Echelpoel, W.; Forio, M. A. E.; Spanoghe, P.; Goethals, P. Distribution of Agricultural Pesticides in the Freshwater Environment of the Guayas River Basin (Ecuador). *Sci. Total Environ.* **2019**, *646*, 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>.
- (25) Hakeem, K. R.; Akhtar, M. S.; Abdullah, S. N. A. Effects of Pesticides on Environment. *Plant, Soil Microbes Vol. 1 Implic. Crop Sci.* **2016**, 1–366. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27455-3>.
- (26) Jiang, Y.; Chen, J.; Wu, Y.; Wang, Q.; Li, H. Sublethal Toxicity Endpoints of Heavy Metals to the Nematode *Caenorhabditis Elegans*. *PLoS One* **2016**, *11* (1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148014>.

- (27) Tejada, L.; Olivero, J. *Perfil Toxicológico de Los Sedimentos Del Río Magdalena Usando Como Modelo Biológico Caenorhabditis Elegans*; **2016**.
- (28) Tejada, L.; Olivero-verbel, J.; Tejada-benitez, L.; Olivero-verbel, JesusCaenorhabditis elegans, a B. M. for R. in T. A. in R. of environmental contamination and toxicology · N. 2015 for R. in T. *Caenorhabditis Elegans, a Biological Model for Research in Toxicology Article in Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*; **2015**; Vol. 237. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23573-8>.
- (29) Scanlan, L. D.; Lund, S. P.; Coskun, S. H.; Hanna, S. K.; Johnson, M. E.; Sims, C. M.; Brignoni, K.; Lapasset, P.; Petersen, E. J.; Elliott, J. T.; et al. Counting Caenorhabditis Elegans: Protocol Optimization and Applications for Population Growth and Toxicity Studies in Liquid Medium. *Sci. Rep.* **2018**, 8 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19187-3>.
- (30) Charão, M. F.; Souto, C.; Brucker, N.; Barth, A.; Jornada, D. S.; Fagundez, D.; Ávila, D. S.; Eifler-Lima, V. L.; Guterres, S. S.; Pohlmann, A. R.; et al. Caenorhabditis Elegans as an Alternative in Vivo Model to Determine Oral Uptake, Nanotoxicity, and Efficacy of Melatonin-Loaded Lipid-Core Nanocapsules on Paraquat Damage. *Int. J. Nanomedicine* **2015**, 10, 5093–5106. <https://doi.org/10.2147/IJN.S84909>.
- (31) Xiao, G.; Zhao, L.; Huang, Q.; Du, H.; Guo, D.; Xia, M.; Li, G.; Chen, Z.; Wang, D. Biosafety Assessment of Water Samples from Wanzhou Watershed of Yangtze Three Gorges Reservior in the Quiet Season in Caenorhabditis Elegans. *Sci. Rep.* **2018**, 8 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-32296-3>.
- (32) Gonzalez Carrasco, V. H. Evaluación de La Toxicidad de Los Sedimentos Marinos a Través Del Uso Del Nematodo Caenorhabditi Elegans, Como Organismo Modelo En El Estero Huaylá, Parroquia Puerto Bolívar, Provincia de El Oro-Ecuador, **2018**.
- (33) Clavijo, A.; Rossen, A.; Calvo, D.; Kronberg, M. F.; Moya, A.; Pagano, E. A.; Munarriz, E. R. Water Quality and Toxicological Impact Assessment Using the

Nematode *Caenorhabditis Elegans* Bioassay in a Long-Term Intensive Agricultural Area. *Water. Air. Soil Pollut.* **2017**, 228 (9). <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3512-4>.

(34) Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Agua, Calidad de Agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. *2169* **2013**, 26.

(35) Parada Ferro, L. K.; Gualteros Bustos, A. V.; Sánchez Mora, R. M. Caracterización Fenotípica de La Cepa N2 de *Caenorhabditis Elegans* Como Un Modelo En Enfermedades Neurodegenerativas. *Nova* **2017**, 15 (28), 69–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.22490/24629448.2080>.

(36) Wei, L.; Yang, Y.; Li, Q. X.; Wang, J. Composition, Distribution, and Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Drinking Water Sources in South China. *Water Qual. Expo. Heal.* **2015**, 7 (1), 89–97. <https://doi.org/10.1007/s12403-014-0147-1>.

(37) Pum, J. *A Practical Guide to Validation and Verification of Analytical Methods in the Clinical Laboratory*, 1st ed.; Elsevier Inc., **2019**; Vol. 90. <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.01.006>.

(38) Bussian, B. M.; Pandelova, M.; Lehnik-Habrink, P.; Aichner, B.; Henkelmann, B.; Schramm, K. W. Persistent Endosulfan Sulfate Is Found with Highest Abundance among Endosulfan I, II, and Sulfate in German Forest Soils. *Environ. Pollut.* **2015**, 206, 661–666. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.023>.

(39) Weber, J.; Halsall, C. J.; Muir, D.; Teixeira, C.; Small, J.; Solomon, K.; Hermanson, M.; Hung, H.; Bidleman, T. Endosulfan, a Global Pesticide: A Review of Its Fate in the Environment and Occurrence in the Arctic. *Sci. Total Environ.* **2010**, 408 (15), 2966–2984. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.077>.

(40) Karim, A. V.; Singh, S. P.; Shriwastav, A. Measurement and Removal of Endosulfan from Contaminated Environmental Matrices. In *Environmental Contaminants, Energy, Environment, and Sustainability*; **2018**; pp 145–164. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7332-8_7.

- (41) Yahaya, A.; Okoh, O. O.; Okoh, A. I.; Adeniji, A. O. Occurrences of Organochlorine Pesticides along the Course of the Buffalo River in the Eastern Cape of South Africa and Its Health Implications. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2017**, *14* (11). <https://doi.org/10.3390/ijerph14111372>.
- (42) Patočka, J.; Wu, Q.; França, T. C. C.; Ramalho, T. C.; Pita, R.; Kuča, K. Clinical Aspects of the Poisoning by the Pesticide Endosulfan. *Quim. Nova* **2016**, *128* (25), 8128–8129. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160102>.

ANEXOS

ANEXO A. Evidencia Fotográfica

Figura 4. Agar para el análisis



Figura 5. Recolección de la muestra en la bananera orgánica



Figura 6. Recolección de la muestra en la bananera convencional



Figura 7. Diluciones de la muestra para el análisis de mortalidad



Figura 8. Traspaso de nematodos *C. elegans* a pocillos de análisis



Figura 9. Ensayo de mortalidad

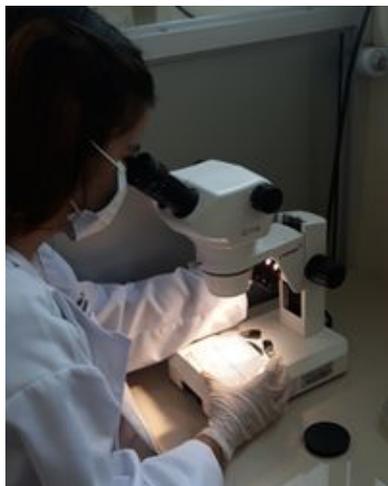


Figura 10. Equipo de Cromatografía de gases acoplado a Espectrometría de Masas para el análisis de la presencia de pesticidas en las muestras de estudio



ANEXO B. Modelo de Ficha de Levantamiento de la Información



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD
Calidad, Pertinencia y Calidez
CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA
FICHA DE LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Tema: Evaluación de la toxicidad del agua del proceso de lavado del banano orgánico y convencional utilizando como bioindicador <i>Caenorhabditis elegans</i> .
Autores: Katherine Cecibel Arciniegas Montenegro; Madelaine Vanessa Cruz Guamán
Tutor de Tesis: Dr. Víctor Hugo González Carrasco
Nombre del Lugar:
Fecha de la Visita:
Ubicación:
¿Cuántas hectáreas posee la bananera? ¿Qué productos orgánicos utilizan para el cultivo del banano? ¿Qué productos utilizan cuando existe alguna plaga en el banano? ¿De qué lugar proviene el agua que utilizan para el riego del sembrío? ¿De qué lugar proviene el agua que utilizan para el lavado del banano? ¿Someten a algún tratamiento el agua que utilizan para el lavado del banano? ¿Qué capacidad de volumen tiene la piscina de lavado de banano? ¿Cada qué tiempo cambian el agua de la piscina de lavado de banano? ¿Cuántos racimos de banano lavan diariamente? ¿En qué lugar desechan el agua utilizada en el lavado del banano?

ANEXO C. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en las muestras de estudio

Figura 11. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en la muestra de agua perteneciente a la bananera orgánica.

Quant Time: Aug 03 15:42:29 2019
 Quant Method : D:\2019\OCEN AGUABAN\CAL OCMIX 30072019.M
 Quant Title : CALIBRACION OCMIX AGUA
 QLast Update : Tue May 30 16:07:48 2019
 Response via : Initial Calibration

Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)	

Target Compounds							Qvalue
1) alfa lindano	9.970	181	590	5.57	ppb	#	11
2) gama lindano	10.558	181	387	1.08	ppb	#	10
3) heptacloro	11.083	100	3107	44.63	ppb	#	35
4) aldrin	11.575	263	53	2.11	ppb	#	4
5) beta lindano	11.840	181	25850	207.04	ppb	#	1
6) delta lindano	12.493	181	2072	52.30	ppb	#	36
7) heptacloro epoxido	13.035	353	133	4.10	ppb	#	1
8) endosulfan I	13.774	195	1162	33.28	ppb	#	1
9) trans clordano	13.813	373	93	7.01	ppb	#	1
10) cis clordano	14.007	373	207	4.80	ppb	#	36
11) pp dde	14.176	246	225	0.06	ppb	#	4
12) dieldrin	14.759	79	1453	13.22	ppb	#	5
13) endrin	15.464	263	579	21.46	ppb	#	1
14) 44' ddd	16.447	235	633	9.89	ppb	#	1
15) endosulfan II	16.736	195	111	11.49	ppb	#	39
16) pp' ddt	17.012	235	1000	43.66	ppb	#	1
17) endrin aldehido	17.819	345	1315	18.00	ppb	#	1
18) endosulfan sulfato	18.512	272	1783	128.65	ppb	#	1
19) metoxicloro	18.552	227	6915	63.89	ppb	#	15
20) endrin ketona	19.495	67	1312	62.04	ppb	#	34

Figura 12. Resultados de análisis de la presencia de pesticidas organoclorados en la muestra de agua perteneciente a la bananera convencional.

Quant Time: Aug 01 09:03:19 2019
 Quant Method : D:\2019\OCEN AGUABAN\CAL OCMIX 30072019.M
 Quant Title : CALIBRACION OCMIX AGUA
 QLast Update : Tue May 30 16:07:48 2019
 Response via : Initial Calibration

Internal Standards	R.T.	QIon	Response	Conc	Units	Dev(Min)	

Target Compounds							Qvalue
1) alfa lindano	9.967	181	428	4.59	ppb	#	23
2) gama lindano	10.595	181	600	3.12	ppb	#	1
3) heptacloro	11.082	100	3406	48.14	ppb	#	35
4) aldrin	11.628	263	171	3.28	ppb	#	1
5) beta lindano	11.890	181	6721	31.89	ppb	#	6
6) delta lindano	12.467	181	2711	63.63	ppb	#	1
7) heptacloro epoxido	13.037	353	219	4.77	ppb	#	1
8) endosulfan I	13.779	195	1304	37.31	ppb	#	97
9) trans clordano	13.794	373	440	8.75	ppb	#	1
10) cis clordano	14.011	373	405	6.01	ppb	#	1
11) pp dde	14.173	246	416	0.73	ppb	#	1
12) dieldrin	14.752	79	2326	20.57	ppb	#	61
13) endrin	15.461	263	965	30.56	ppb	#	1
14) 44' ddd	16.524	235	64	8.46	ppb	#	1
15) endosulfan II	16.757	195	136	12.34	ppb	#	15
16) pp' ddt	17.013	235	1586	49.86	ppb	#	1
17) endrin aldehido	17.764	345	125	Below Cal		#	1
18) endosulfan sulfato	18.499	272	2702	183.40	ppb	#	10
19) metoxicloro	18.533	227	8503	71.55	ppb	#	23
20) endrin ketona	19.496	67	3920	161.35	ppb	#	26
