

UNIVERSIDAD SANTA MARIA LA ANTIGUA
VICERRECTORIA DE POSGRADO E INVESTIGACION

Tesis de Maestría

En Ecología y Conservación

“Determinación de residuos del fungicida EBDC_s en forma de Etilentiourea sobre el Agua Superficial, Sedimento y Deposición aérea en un Ecosistema de bananos, Distrito de Barú, Provincia de Chiriquí, Panamá”

Presentada por:

DORIS ENITH DE LEON CARRERA

Director Ponente:

Dr. Jaime Espinosa González

PANAMA

2002



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

doi del documento
<https://doi.org/10.37387/speiro.tm.589>

HOJA DE APROBACION

JURADO EVALUADOR

Presidente: _____

Secretario: _____

Director Ponente: _____

Fecha: _____

DEDICATORIA

Deléitate en el Señor,
Y él te concederá las
Peticiones de tu corazón
Salmo 37:4

Dedico este trabajo a Dios quien me ha permitido la oportunidad de culminar satisfactoriamente mis estudios.

A la tía Olga quien me ha orientado, apoyado, brindado todo su amor y comprensión a lo largo de mi vida.

A mi papá Leopoldo, a mi dulce y cariñoso hermano Leo y a la tía Flora por el apoyo incondicional que me brindaron en el desarrollo de esta investigación.

A mis primos Fernando y Xiomara por su ayuda y amistad para que este trabajo fuese una realidad.

A mi amado Gustavo por su amor, amistad y comprensión a lo largo de mi carrera y de ésta investigación, así como en mi vida personal.

A mis amigos en especial a Xiomara quien estuvo siempre apoyándome para que culminara esta etapa de mi vida académica con éxito.

DORIS ENITH

AGRADECIMIENTO

La autora expresa su más sincero agradecimiento por el apoyo, orientación y estímulo durante la realización de esta investigación:

A Jaime Espinosa, PhD. Profesor asesor por su orientación e interés para la realización de este estudio.

A Emeris Quintero, MsC., director del Departamento ambiental de la Compañía Puerto Armuelles Fruit Company por su valiosa gestión para conseguir la cooperación institucional durante el trabajo de campo.

A Carmen Peralta Lic. Encargada del laboratorio de residuos tóxicos del MIDA en Tocumen, mi eterna gratitud por su incondicional apoyo durante el período de análisis.

A Edgar A. Araúz Lic. por su amistad e interés personal para la realización de este estudio.

A todo el personal del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad Autónoma de Chiriquí de quienes recibí ayuda durante el tiempo que demoró la investigación.

A Alexis Samudio Ing.; Liliana Escalante Lic del Laboratorio de Análisis de agua y suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, en el Corregimiento de Chiriquí por su colaboración con los análisis de laboratorio.

DE LEON, D. E. 2002. Determinación de residuos del Fungicida EBDC_s en forma de Etilentiourea sobre el Agua Superficial, Sedimento y Deposición aérea en un Ecosistema de bananos, Distrito de Barú, Provincia de Chiriquí, Panamá. Tesis Mag. Sc., USMA. 55 p.

Palabras claves: Mancozeb, Residuos de ETU, Ecosistema de banano, Sigatoka negra, Calidad de agua, contaminación, bioindicadores.

RESUMEN

En este trabajo se investiga el comportamiento del fungicida mancozeb en su degradación primaria a ETU (etilentiourea, 2-imidazolidintiona) en agua superficial del Río Palo Blanco, sedimento y deposición durante la fumigación aérea ubicado en un ecosistema de banano en la zona occidental de la República de Panamá, específicamente en Puerto Armuelles Fruit Company, Distrito de Barú.

Se establecieron tres estaciones de monitoreo y se tomaron muestras durante tres períodos diferentes para el análisis de residuos de ETU en agua, sedimento, deposición aérea debajo de los cultivos y a nivel de la superficie del río. También se realizaron ensayos de laboratorio empleando peces como bioindicadores de contaminación a diferentes concentraciones del fungicida en estudio por un período de 96 horas.

El método utilizado consistió en una extracción de los residuos con metanol/agua (8:2); una limpieza del extracto a través de una columna de vidrio de 11 mm de diámetro, rellena con 2.5 g de una mezcla de alúmina neutra con carbón activado (97.5: 2.5 g) y 2.5 g de alúmina neutra pura en la

parte superior. Como eluyente se utilizó metanol/agua (5:95). El extracto limpio y concentrado que contenía la ETU se cuantificó por HPLC con detección ultravioleta a 233 nm. El cromatógrafo se equipó con una columna C₁₈ de 250 mm x 4.6 mm, con partículas de 5 µm; la fase móvil consistió en una mezcla de metanol/agua (5:95) y su flujo fue de 1 mL por minuto. Para los niveles de 1 mg/L y 0.05 mg/L, la recuperación total fue 96% y 82% y la repetibilidad de 4.5 y 4.3%. El método se aplicó a 108 muestras en un período de 10 meses, la presencia de ETU fue positiva en 29.1% del total de las mismas.

Los residuos de ETU detectados en el agua superficial, papel de cromatografía, agua destilada debajo del cultivo como a nivel de la superficie del río en las tres estaciones son bajos. Se concluyó que las características de la zona (abundante precipitación pluvial) facilitan la dilución del fungicida, lo desvía hacia otras áreas y permite su degradación.

Con base en los resultados obtenidos se emiten algunas conclusiones y recomendaciones sobre el manejo de los agroquímicos, así como los cuidados que deben tenerse para evitar o disminuir el riesgo de contaminar un cuerpo de agua con su aplicación.

DE LEON, D. E. 2002. Determination of residues of EBDC_s fungicide in form of ETU shallow waters, sediments and air deposition on a banana ecosystem at the Barú District, Province of Chiriquí, Panamá. Magister Scientiae. Thesis, USMA. 55 p.

Keywords: Mancozeb, ETU residuum, banana ecosystem, black sigatoka, water quality, pollution and biomarkers.

SUMMARY

This work investigated mancozeb fungicide behavior in its primary degradation to ETU (ethilentioureae, 2 – emidazolidinthione) into shallow waters of Palo Blanco River, sediments and deposition duringg air fumigation over a banana ecosystem from the Western area of the Republic of Panama, specifically in Puerto Armuelles Fruit Company lands, Barú District.

Three monitoring stations were set up and samples were taken during three different periods for ETU residues analysis in water, sediment, air deposition under crops and at river surface level. Also, laboratory tests were made working with fishes as pollution biomarkers at different fungicide concentrations for 96 hour period.

The method consisted in an extraction of residues with water/methanol (2:8), a cleaning of the extract through a glass column of 11 mm a diameter filled with 2.5 g of neutral alumine mixture with activated coal (97.5 : 2.5 g) and 2.5 g of pure neutral alumine on the upper level.

Water/methanol (95:5) was used as solvent. Clean and concentrated extract containing ETU was quantified by HPLC with ultraviolet detection at 233 nm.

Chromatograph was equipped with a 250 mm x 4.6 mm column, and 5 um particles, the moving phase consisted on a water/methanol (95:5) mixture and its flow was 1 mL per minute. The total recovering was 96% and 82% and reproducibility 4.5% and 4.3%. This method was applied to 108 samples in a ten months period. ETU presence was positive in a 29.1% of the total number of such samples.

ETU residues detected in shallow waters, chromatographic paper, filtered water below the crop as well as at river surface level in the three monitoring stations was low. It was concludes that the sport features such as abundant rainfall favor the fungicide dilution; it is deviated toward other areas which permits its degradation.

Based on the results obtained, some conclusions and recommendations are drawn on agrochemical management as well as precautions to be taken to reduce or avoid pollution risks in any body of water.

LISTA DE CUADROS

CUADRO	1.	Principales ecosistemas afectados por la Contaminación de plaguicidas en la Provincia De Chiriquí.....	4
CUADRO	2.	Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco, Febrero 19 de 2000.....	35
CUADRO	3.	Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco, Agosto 29 de 2000.....	36
CUADRO	4.	Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco, Enero 7 de 2000.....	36
CUADRO	5.	Niveles de ETU, en agua destilada por Deposición aérea, Febrero 19 de 2000.....	39
CUADRO	6.	Niveles de ETU en agua destilada por Deposición aérea, Agosto 29 de 2000.....	40
CUADRO	7.	Niveles de ETU en agua destilada por deposición aérea, Enero 7 de 2001.....	40
CUADRO	8.	Niveles de ETU por deposición aérea en papel de cromatografía, Febrero 19 de 2000.....	42

CUADRO	9.	Niveles de ETU por deposición aérea en papel de cromatografía, Agosto 29 de 2000.....	43
CUADRO	10.	Niveles de ETU por deposición aérea en papel d cromatografía, Enero 7 de 2001.....	43
CUADRO	11.	Niveles de Manganeso en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Abril 2000.....	45
CUADRO	12.	Niveles de zinc en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Abril 2000.....	46
CUADRO	13.	Niveles de Manganeso en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Junio de 2000.....	46
CUADRO	14.	Niveles de zinc en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane Junio de 2000.....	46
CUADRO	15	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de Dithane, Mayo de 2000.....	49

CUADRO	16.	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de Dithane, Julio de 2000.....	49
CUADRO	17	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de Dithane, octubre de 2000.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	1.	Residuos de ETU en aguas superficiales del Río Palo Blanco, Febrero 19 de 2000.....	35
GRÁFICO	2.	Residuos de ETU en aguas superficiales del Río Palo Blanco, Agosto 29 de 2000.....	37
GRÁFICO	3.	Residuos de ETU en aguas superficiales del Río Palo Blanco, Enero 7 de 2001.....	37
GRÁFICO	4.	Niveles de ETU en Agua destilada por Deposición aérea, Agosto 29 de 2000.....	41
GRÁFICO	5.	Niveles de ETU en Agua destilada por Deposición aérea, Febrero 19 de 2000.....	41
GRÁFICO	6.	Niveles de ETU en Agua destilada por Deposición aérea, Enero 7 de 2000.....	41
GRÁFICO	7.	Niveles de ETU por deposición aérea sobre Papel de cromatografía, Febrero 19 de 2000...	44
GRÁFICO	8.	Niveles de ETU por deposición aérea sobre Papel de cromatografía, Agosto 29 de 2000.....	44
GRÁFICO	9.	Niveles de ETU por deposición aérea sobre Papel de cromatografía, Enero 7 de 2001.....	44

			Página
GRÁFICO	10.	Niveles de Manganeso encontrados en Peces expuestos a la máxima y mínima Concentración de Dithane, Abril 2000.....	47
GRÁFICO	11.	Niveles de Zinc encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Abril 2000.....	47
GRÁFICO	12.	Niveles de Manganeso encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, junio 2000.....	47
GRÁFICO	13.	Niveles de Zinc encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, junio 2000.....	47
GRÁFICO	14.	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de Dithane, mayo 23 de 2000.....	50
GRÁFICO	15.	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de Dithane, julio 3 de 2000.....	50

GRÁFICO	16.	Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de Dithane, octubre de 2000.....	50
---------	-----	--	----

INDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	v
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA GRÁFICOS	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Definición del problema	3
1.2. Reseña histórica del área de estudio	7
1.3. Justificación del estudio	8
1.4. Limitaciones del estudio	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo General	10
1.5.2. Objetivos Específicos	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Origen y mejoramiento del Banano	13
2.1.1. Datos históricos en relación con la industria del banano	14
2.1.2. Distribución, etiología y epidemiología de la Sigatoca negra.	19
3. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Selección del área de estudio	23
3.2. Localización del área de estudio	24
3.3. Información relevante sobre los aspectos de calidad ambiental y de salud en el área de estudio.	24
3.4. Materiales y equipo de laboratorio	25

	Página
3.4.1. Análisis de manganeso y zinc en muestras de peces.	25
3.4.2. Análisis de residuos de plaguicidas (ETU)	26
3.4.3. Materiales para la colecta de las muestras y datos de campo.	26
3.5. Selección del área de estudio	27
3.5.1. Frecuencia de muestreo	29
3.5.2. Recolección de las muestras	29
3.6. Selección de la metodología de análisis	31
3.7. Análisis de resultados	33
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	35
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
6. LITERATURA CITADA	55

1. INTRODUCCIÓN

La liberación de productos químicos al ambiente en concentraciones que puedan resultar tóxicas, es un área de gran interés en el análisis de la calidad de aguas y de los ecosistemas en general. Sin embargo, el potencial que tienen los insectos para convertirse en plagas que pueden afectar seriamente a los seres humanos y a otros organismos, dan como resultado una demanda continua de estos productos (Thomman, 1987)

El uso de plaguicidas en Panamá a gran escala se remonta a las primeras décadas del siglo XX con la construcción del canal interoceánico, cuando fue necesario erradicar vectores de enfermedades tropicales, como la fiebre amarilla, la malaria, y otras (CHONG, 1994)

En Panamá la utilización de estos productos ha ido generalizando en las últimas décadas debido a la influencia del sector comercial, la tecnificación de la agricultura en forma de monocultivos, a la baja disponibilidad de mano de obra (migración a las áreas periféricas urbanas), accesibilidad de éstos químicos a todo público en general, a la rapidez de acción y su fácil uso, así como al desconocimiento de muchos agricultores referente a plagas y enfermedades, a la correcta y oportuna aplicación de plaguicidas y primordialmente a la falta del cumplimiento de regulaciones y normas sanitarias y ambientales sobre la materia (ESPINOSA, 2000)

Un porcentaje importante de estas sustancias, llega a las fuentes de agua a través de múltiples vías tales como la aplicación directa sobre los cauces, la deriva por acción del viento de las partículas de plaguicidas durante la fumigación aérea, la escorrentía y la infiltración (HILJE et al. , 1987;

THOMMAN, 1987) Este es un problema muy serio ya que los plaguicidas afectan no-solo a las especies "plagas", sino también a otros organismos que se encuentran en el ambiente ya que pueden provocar alteraciones en la calidad general del ecosistema. Esto debido a la toxicidad de ciertas sustancias químicas, aún en concentraciones relativamente bajas en el agua y que están desde el orden de los ug/L hasta los ng/L (THOMMAN,1987)

En el campo de la toxicología acuática se han realizado muchos trabajos, de tal forma que existe una gran cantidad de referencias sobre las cuales se puede tratar de establecer estándares para la calidad del agua. (Sprague, 1969) divide los estudios realizados en ensayos agudos (exposición de corta duración a los contaminantes con un rango de concentraciones de prueba) y ensayos crónicos (exposición de larga duración a los contaminantes) En términos generales, los primeros revelan información acerca de los efectos de las sustancias contaminantes a corto plazo (entre 24 y 96 horas), mientras que los segundos estiman dichos efectos sobre períodos que pueden abarcar desde 30 días hasta ciclos de vida completos.

En los países desarrollados es muy común analizar el estado de la comunidad acuática, a través del uso de especies representantes de la población estudiada, mediante técnicas muy variadas, tales como: el desarrollo de pruebas de toxicidad tanto agudas como crónicas, que muestren la respuesta de los organismos a las sustancias presentes en el medio y el análisis de los cambios bioquímicos provocados por los contaminantes contenidos en el agua, principalmente en los niveles de hemoglobina, colinesterasa en la sangre y glicógeno en las células hepáticas (GAUFIN y TARZWELL, 1952; citado por CHARPENTIER y TABASH, 1988).

Los datos generados por estos estudios se utilizan para estimar la concentración “segura” a la cual no se observan efectos definidos sobre los organismos utilizados (THOMMAN, 1987)

1.1. Definición del problema

La determinación de residuos de plaguicidas en muestras ambientales, comestibles y humanas, se ha tornado imperante en los últimos años, desde que los países comprendieron que se requería con urgencia intensificar la producción agrícola para hacerle frente al aumento exponencial de la población mundial. Los plaguicidas son utilizados por los agricultores panameños en casi todos los rubros y durante todo el año (JENKINS, 1995)

En Panamá la cantidad de plaguicidas formulados para su uso en la agricultura que se importaron en el año de 1999 correspondió a 2,684 toneladas, de las cuales el 48.2% correspondió a los herbicidas, el 29.5% a los fungicidas, el 21.4% a insecticidas y 0.9% a los raticidas. La cantidad de aceites, aditivos, adherentes y coadyuvantes estuvo en el orden de 3,134 toneladas (CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA, 2000)

Los plaguicidas en el cultivo de bananos y arroz se aplican generalmente mediante aspersión por helicóptero o avioneta. Se estima que se utilizan entre 10 y 15 kg i.a./año por hectárea de cultivo de banano, lo cual puede directamente contaminar el agua, suelo, aire, poblaciones humanas y biota (Comunicación personal del Ingeniero Quintero). La actividad agrícola en nuestra provincia, especialmente con el uso de químicos, ha afectado algunos ecosistemas, los cuales se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales ecosistemas afectados por la contaminación de plaguicidas en la Provincia de Chiriquí.

ECOSISTEMAS AFECTADOS	CULTIVOS CONTAMINADORES
Cuenca Alta del Río Chiriquí Viejo, Cerro Punta	Flores, papa, hortalizas, legumbres, cebollas, otros
Cuenca Media del Río Chiriquí Viejo, Caizán.	Frijoles, maíz
Cuenca Baja del Río Chiriquí Viejo, Progreso, Fincas Bananeras de la empresa Puerto Armuelles Fruit Company, S.A.; Empresas Bananeras Independientes	Arroz, Bananos, Palma aceiteras, sorgo, plátanos
Cuenca Baja del Río Chico, Alanje, Guarumal	Caña de Azúcar, Arroz, Frijoles
Cuenca Alta y Media del Río Caldera, Boquete	Café, Flores, Papas, Hortalizas, Legumbres

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Región 1. Provincia de Chiriquí. Septiembre de 2000.

Cabe destacar que la provincia de Chiriquí contribuye con el 35% de la producción agrícola total del país y el 90% de la producción hortícola. Estos niveles de producción requieren prácticas agrícolas intensivas, incluyendo el uso de herbicidas, fungicidas y fertilizantes. La descarga incontrolada de estos compuestos dentro del ambiente está sin duda produciendo acumulaciones en plantas, suelo, ríos, aire y estuarios sin que se hayan realizado estudios básicos que indiquen la exacta concentración de estos compuestos (BEITIA, 1989).

Muchos de los plaguicidas y sus productos de transformación son contaminantes persistentes en el ambiente, en el suelo; en el sedimento del lecho del río pueden persistir durante muchos años (dependiendo de su naturaleza química) y presentar mayor probabilidad de interacción con otros elementos del sistema natural que potencian su acción (DUZIN, 1988). El uso indiscriminado genera desequilibrios y círculos viciosos en los ecosistemas al desaparecer fauna benéfica y aparecer plagas resistentes a químicos empleados, teniendo que incorporar al proceso productos cada vez más tóxicos.

Para el cultivo de banano, los suelos más aptos son aquellos de formación aluvial que se encuentran en los valles costeros. Para un excelente desarrollo las plantas requieren suelos profundos, de buena estructura, de buen drenaje interno y de alta fertilidad. Los mejores suelos son aquellos que poseen una textura franco arenoso muy fino, franco arenoso fino, franco, franco arcilloso, franco arcilloso limoso y franco limoso. La profundidad debe ser no menor de 1.2 – 1.5 metros y tener buenas propiedades de retención de humedad. Aquellos suelos que contienen más del 40% de arcilla o un alto grado de compactación no se recomiendan para la siembra porque se caracterizan por tener un nivel bajo de productividad. Las condiciones ideales de pH del suelo para el buen crecimiento de la planta de banano es 6.5 pero es tolerable a variaciones entre pH 5.5 y 7.5 (FERRARO and COLE, 1995)

En análisis de pH realizados por el Departamento Nutricional del Centro Tropical Agronómico en Costa Rica, a los suelos de las Fincas Bananeras de la Empresa Puerto Armuelles Fruit Company en agosto de 1999, oscila entre 6.08 – 6.67.

En el aire, los plaguicidas aplicados por aspersión aérea contaminan la atmósfera. De éstos sólo el 53% del total se deposita en el objetivo deseado o blanco y el 47% restante se deposita en los suelos, en aguas colindantes o se dispersa en la atmósfera hacia ecosistemas distantes, dependiendo de las condiciones climáticas (HILJE et al. 1987).

Las aspersiones aéreas son una de las principales causas de contaminación del aire. En Barú las pistas de despegue y aterrizaje para abastecimiento están ubicadas a menos de 5 km de núcleos humanos (viviendas, canales de riego, oficinas de la compañía, escuelas y otros). Estas sirven al mismo tiempo para realizar mezclas y procesos de abastecimiento para los vuelos de fumigación de las plantaciones a todas las fincas que integran la compañía.

Para la empresa Puerto Armuelles Fruit Company, la fumigación aérea tiene las siguientes ventajas:

- Se tiene en todo momento seguridad del área tratada las hectáreas aplicadas.
- Se lleva a cabo un mejor control de la cantidad de agroquímicos aplicados por hectárea.
- Las fincas son fumigadas rápidamente, lo cual es ventajoso en caso de falta de personal.

Entre las desventajas consideradas por la empresa, están:

- Costos altos debido a la renta del avión lo cual es compensado al reducirse los costos en el combate de la Sigatoka Negra

- Se pierde agroquímicos aplicado en vías férreas, caminos, carreteras, ríos y drenajes
- La distribución no es uniforme habiendo partes que reciben más que otras.

La Empresa Puerto Armuelles Fruit Company utiliza una gran cantidad de agroquímicos, de los cuales el presente proyecto de tesis incluyó la determinación de la presencia de residuos del fungicida Mancozeb, en forma de Etilentiourea (ETU) en aguas, sedimentos y residuos que se precipitan por unidad de superficie recolectadas durante la aplicación aérea del fungicida comercial Dithane, y el grado de letalidad aguda a 96 horas (ensayo de laboratorio) sobre las especies potencialmente indicadoras (*Lebistes sp.*).

1.2. Reseña histórica del área de estudio:

Chiriquí Land Company se estableció en Puerto Armuelles en 1928, nació como empresa productora de banano, el 22 de enero de 1929, fecha en que se realizó el primer embarque, el cual consistió de 750 racimos de banano con destino a San Francisco, California Estados Unidos (Comunicación personal del ingeniero Quintero). Luego, el mercado se extendió hacia Europa y Asia, al tiempo que se realizaba el primer embarque se trasladaron las oficinas generales de Progreso a Puerto Armuelles donde actualmente se encuentran. En esa misma época, la compañía adquirió el derecho de uso de las líneas del ferrocarril y del primer muelle, el cual sucumbió durante el terremoto de 1934 (comunicación personal del Ing. Quintero).

De 1930 a 1940, la Empresa tuvo un gran crecimiento (denominada época del Oro Verde), dando lugar a la utilización de más terreno, debido a la

gran demanda del mercado internacional. El número de racimos aumentó, hasta que llegó la segunda guerra mundial. La guerra motivó el cierre y abandono de muchas fincas porque el mercado había reducido sus demandas, tanto es así, que este período fue considerado similar al período de la depresión; ya que sólo se hizo un embarque en un año.

Desde el momento en que se inició la producción de banano, las fincas se identificaron con nombres de árboles nativos, como: Ceiba, Guayacán, Jobito, Palo Blanco, Níspero y otros. El área de producción en la actualidad, es de 4,700 hectáreas divididas en 18 fincas con sus respectivas empacadoras (Comunicación personal del ingeniero Quintero).

El promedio anual de exportación es de aproximadamente 12.5 millones de cajas; con más de 4,500 colaboradores, los cuales reciben una gran variedad de beneficios, tales como: vivienda, agua, luz y recolección de basura. Además, la compañía le ofrece a los hijos de los empleados transporte de su casa al colegio.

La compañía bananera ha implementado un programa ambiental, con el propósito de realizar estudios de calidad de agua y análisis de residuos de plaguicidas, para llevar a cabo los correctivos y mejorar la calidad de vida de los trabajadores y sus familias.

1.3. Justificación del estudio

La razón primordial por la cual se decidió estudiar el comportamiento del mancozeb en forma de Dithane, es por la poca investigación local hasta el momento realizada sobre el impacto ambiental y problemas de salud humana (debilidad, náuseas, vómitos, diarrea, congestión nasal, tos y

alergias) como resultado de la aplicación continua de plaguicidas en esta zona de cultivo.

El fungicida Dithane 60 SC ($DL_{50} \geq 5\ 000$ mg/kg en rata, con un $P_v = 0$ mPa, una solubilidad de 6 – 20 mg/L, un retardo entre 43,7 – 89,3 R, y una estabilidad de 20 días a pH 5; 17 horas a pH 7 y 34 horas a pH 9) es aplicado en dosis de 3 L/Ha en el cultivo de banano. Su aplicación se hace durante el verano, hasta completar 28 ciclos por año, en cada una de las fincas. En agosto de 2 000 se hizo una excepción y se aplicó un ciclo de éste fungicida combinado con un insecticida (Sico). Dithane es mezclado con agua y el adherente NP – 7 (Aceite agrícola Orchex 796), clasificado en la categoría IV (moderadamente tóxico).

Estos plaguicidas son preparados en el aeropuerto ubicado dentro de las fincas; el sistema posee un circuito cerrado (3 tanques sellados con cemento donde el producto sedimenta y al día siguiente es bombeado para nuevamente utilizar el agua) de esta manera, según la empresa, se rehusa el agua remanente de los tratamientos y no se contaminan los afluentes naturales.

La empresa también utiliza una gran cantidad de Nematicidas dependiendo del grado de infección en la raíz de la planta (en el año 2000 se realizó una aplicación); a demás se hace uso de insecticidas biológicos.

1.4. Limitaciones del estudio

Algunas limitaciones en el desarrollo de este trabajo han sido la falta de envases de vidrio color ámbar, reactivos y estándares en el mercado nacional. Estos nos impidieron realizar este estudio en el tiempo

programado. Otro de los inconvenientes, fue la falta de especies nativas o locales potencialmente indicadoras como los macrobraquios, para las observaciones de laboratorio (por escasez en los ríos de la región y porque en estado larvario la tasa de mortalidad era superior al 90% antes de las 12 horas). Las observaciones de campo se vieron limitadas, debido al robo de las jaulas con las especies indicadoras, antes de las 24 horas, en las tres estaciones seleccionadas para el estudio.

Los resultados obtenidos de manganeso y zinc en muestras de peces a la máxima y mínima concentración de Dithane, en las observaciones de laboratorio a 96 horas, han sido considerados como preliminares y sobre las cuales, deben realizarse nuevos estudios; además, se debe incluir análisis de residuos de ETU en las especies indicadoras (peces), al igual que en la fruta de banano tratado con este fungicida.

1.5. Objetivos:

1.5.1. Objetivo General:

- Contribuir con el conocimiento ecotoxicológico de los agroquímicos en ecosistemas de banano en el Distrito de Barú, Provincia de Chiriquí.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Estimar el riesgo y el significado agudo del fungicida mancozeb (Dithane), en forma de su producto de degradación primaria ETU en un ecosistema de banano en el área de Barú, Provincia de Chiriquí.

- Valorar si la especie ***Lebistes sp.*** puede ser utilizada como bioindicador para el fin de evaluar la ecotoxicidad del fungicida in situ.

2. REVISION DE LITERATURA

El uso de plaguicidas en Panamá, se inició hace más de 60 años con las actividades intensivas de producción agropecuaria, como el cultivo del banano por la Chiriquí Land Company, el cultivo de la caña de azúcar y la ganadería por productores nacionales.

El uso de éstas sustancias se incrementó en la agricultura panameña a partir de los años de 1960-70. Los insecticidas de tipo organoclorados se aplicaron desde finales de los años 40 y hasta finales de los años 80; en su inicio para el control de vectores del programa del Servicio Nacional de Erradicación de la Malaria (SNEM y actual Programa de la Sección de Control de Vectores y Zoonosis, MINSA). En la agricultura, los organoclorados como clordano, dieldrina, endrina, aldrina, heptacloro y lindano se utilizaron hasta finales de los años de 1980. Mientras que los fosforados, carbamatos y piretroides son incorporados a la agricultura en las décadas de 1970 y de 1980 (ESPINOSA, 2000).

Las condiciones climáticas del territorio panameño son propicias para el desarrollo rápido de insectos, plagas y otros organismos no deseados en los campos de cultivo, causando importantes pérdidas en el sector agrícola, en el ámbito de cosecha como de post - cosecha. De acuerdo a expertos en la materia, las pérdidas por plagas y enfermedades suelen ser muy significativas, pudiendo alcanzar la totalidad de la cosecha. Por esta razón el agricultor suele utilizar los plaguicidas de forma preventiva. Entre los organismos que afectan el cultivo de banano están la sigatoka negra, trips, nematodos, las malezas, y otros.

2.1. ORIGEN Y MEJORAMIENTO DEL BANANO

El banano es uno de los más importantes y fascinantes cultivos. Es una planta herbácea monocotiledónea que se originó en el sudeste de Asia. El banano comestible se originó a través de una serie de mutaciones y cambios genéticos a partir de especies silvestres de frutos pequeños, con numerosas semillas y no comestibles. Las mutaciones con ausencias de semilla (partenoscarpia) y los cambios en el número de cromosomas (los portadores del código genético dentro de las células que determinan tanto en animales como en plantas las características hereditarias) dieron origen al banano comercial a través de siglos de evolución natural (CARREL, 1994).

Las especies silvestres de banano con semillas son diploides y las comerciales triploides. El banano triploide tiene tres grupos de cromosomas. Esta variedad tiene ventajas sobre la diploide por varias razones: son más vigorosos, son frutos más grandes y carecen de semillas. Hay dos grupos de bananos comerciales triploides, **Gross Michel** y **Cavendish**. El Gross Michel es nativo de Burma, Tailandia, Malaya, Indonesia y Ceilán; introducido a Martinica a principios del siglo XIX. De Martinica pasó a Jamaica en 1835. El Gross Michel estaba ampliamente diseminado en 1875 por todo el Caribe y fue adoptado por la industria bananera que iniciaba su desarrollo. Por otro lado el grupo Cavendish fue introducido a cultivos comerciales desde Indochina a Las Islas Canarias en 1820.

Ambos grupos y variedades originadas por mutación (características hereditarias causadas por pequeños cambios espontáneos en los cromosomas) son producto de evolución natural. Cuando el Mal de Panamá impidió la expansión de Gross Michel, fue un alivio que las variedades del

grupo Cavendish, las cuales son resistentes a éste mal, estuvieran disponibles para el cultivo.

La industria del banano inició como un cultivo de una sola variedad y en esencia aún sigue siendo un monocultivo, ubicado en el cuarto lugar dentro de los productos agrícolas.

2.1.1. DATOS HISTORICOS EN RELACION CON LA INDUSTRIA DEL BANANO

ORIGEN DEL BANANO: El centro de origen del banano es el sudeste de Asia.

1. Gross Michel: originario de Burma, Tailandia, Malaya, Indonesia y Ceilán.

Traído a Martinica a principios del siglo XIX.

1835: Llevado de Martinica a Jamaica.

1875: Ampliamente diseminado por el Caribe y a la vez adoptado por la reciente industria bananera.

2. Grupo Cavendish: Originario del sudeste asiático, introducida a España (Islas Canarias) y Portugal (Madeira) alrededor de 1820.

1925: Valery fue colectado en un jardín botánico de Saigón, Vietnam.

Siembras Comerciales: La industria bananera se inició como tal en los siguientes países.

PAÍS	AÑO
Jamaica	1835
Honduras (zona atlántica)	1860
Panamá (Bocas del Toro)	1866
Costa Rica (Valle de Zent)	1872
Colombia	1872
Nicaragua	1880
Guatemala	1885
Panamá (Costa Pacífica)	1927

Otros Eventos

AÑO	EVENTO
1876	Aparece el Mal de Panamá por vez primera en Australia. Se identifica el organismo causal del Mal de Panamá en Panamá.
1902	Aparece por primera vez la Sigatoka amarilla en Java.
1906	Aparece el mal de Panamá en Surinam.
1910	Aparece el Mal de Panamá en Centro América y el Caribe.
1911	Aparece el Mal de Panamá en la India.
1912	Se identifica el organismo causal de Sigatoka Amarilla en Fiji.
1922	Se inicia el Programa de Hibridación de banano en Jamaica.
1924	Aparece la Sigatoka Amarilla en Australia.
1933-35	Aparece la Sigatoka Amarilla en Centro América, Caribe y Sur América.

1938-40	Aparece la Sigatoka Amarilla en África.
1959-60	Se inicia el programa de hibridación en Honduras.
1960	Se inicia cambio de variedad de Gross Michel Valery.
1959-60	Control de Sigatoka: se inician aplicaciones aérea con aceite.
1959-61	Standard Fruit inicia rehabilitación – provincia de Limón, Costa Rica.
1960-70	Conversión de plantaciones de Gross Michel a Cavendish en Centro y Sur América.
1960	Standard Fruit inicia empaque de fruta en cartón. Ecuador se consolida como el mayor exportador de bananos.
1962	United Fruit inicia operaciones en Turbo (Uraba), Colombia (productores asociados)
1964	United Fruit rehabilita bananera en Guatemala.
1964	Japón aumenta importaciones desde Taiwan y Filipinas. Italia termina monopolio de fruta de Somalia. United Fruit establece etiquetas “CHIQUITA” en cada “ CLUSTER” símbolo de calidad. Termina operaciones en República Dominicana, luego de 20 años.
1965	Grupo de personas auspiciadas por la FAO se reúne en Roma para tratar la sobre oferta demanda.
1966	United Fruit inicia planta de puré de banano en Honduras. Y al mismo tiempo inicia exportaciones de Filipinas hacia Japón.

- 1968 Del Monte adquiere West Indies Co. En Costa Rica. La Compañía AMK (United Brands) adquiere United Fruit Co. Y esta adquiere patente para el uso de Banavac. Inicia mercado de fruta de Filipinas a Japón.
- 1970 Del Monte inicia mercado de fruta de Filipinas a Japón.
- 1971 Debido a sobre oferta de banano bajan los precios en forma abrupta.
- 1972 Se identifica Sigatoka Negra en Honduras. Se envían los primeros contenedores con fruta de Honduras a Galvestone, TX. United Fruit vende bananera en Guatemala (3 000 Has) a Del Monte.
- 1973 Se forma la UPEB (Unión de países exportadores de bananos) integrada por Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá y se implementan altos impuestos de exportaciones.
- 1974 Belice inicia plantaciones de Gran Enano. Huracán FIFI desbasta plantaciones en Honduras y Guatemala.
- 1975-76 Seymour Milstein y Max Fisher adquieren mayoría de acciones de United Brands. Gobierno Hondureño cancela concesiones a United Fruit y Standard Fruit. United Fruit retorna a Costa Atlántica de Costa Rica y compra compañía bananera Atlántica.
- 1979 Del Monte es adquirida por R.J. Reynolds. El día 13 de noviembre División de Armuelles es desbastada por un huracán en un 90%.

- 1980 Se inicia el interplating de la variedad Valery a Gran Enano en Centro América y Panamá, aumentando la producción en un 30%.
- 1981 Aparece la Sigatoka negra en México, Centro América, Panamá y Colombia.
- 1982 United Brands inicia siembra en Jamaica – cultivo de meristema. Abundancia de fruta resultó en serias pérdidas para las Compañías de banano..
- 1983 United Brands termina programa de investigación y entrega instalaciones a la FAO y a otras entidades. United Fruit convierte 6 000 Has de banano en la producción de palma africana en Coto, Costa Rica. Gobierno Filipino asigna cuota de exportación a compañía bananera.
- 1984 Del Monte inicia compra de bananos en Honduras. United Fruit inicia compra de fruta F.O.B. en Colombia y Filipinas. Carl H. Linder de American Financial, Corporation adquiere el 56% de United Brands. Luego de una huelga de 72 días United Brands cierra operaciones en Golfito, Costa Rica.
- 1987 Carl H. Linder compra la compañía United Fruit Co.
- 1990 United Fruit el 20 de marzo cambia su nombre a Chiquita Brands international. Al mismo tiempo amplía su línea de producto incluyendo otras frutas y bebidas, así como el mercado internacional en el Este de Europa, Asia y Medio Oriente.
- 1998 Cambia su razón social en el Pacífico de Panamá a Puerto Armuelles Fruit Company LTD.

2.1.2. Distribución, etiología y epidemiología de la Sigatoka Negra

Las enfermedades son los factores más importantes en la producción del banano alrededor del mundo. Estas son las razones por las cuales se han creado los programas de reproducción y fitomejoramiento.

La enfermedad de la mancha de la hoja, la Sigatoka negra, es la más importante de estos problemas. Causa una reducción en el área fotosintética de la hoja, pérdidas en el rendimiento hasta de un 50%, y madurez prematura, un defecto muy serio de la fruta para exportación. La Sigatoka negra es más difícil de controlar que la Sigatoka amarilla y tiene un rango más amplio de hospederos (GAUHL. 1994)

En las plantaciones destinadas a la exportación (como las plantaciones de la empresa Puerto Armuelles Fruit Company), la Sigatoka negra es controlada con aplicaciones frecuentes de fungicidas. Esta es una práctica muy cara ya que incluye el uso de avionetas, pistas de aterrizaje permanentes, facilidades para las mezclas y carga de los agroquímicos y el alto precio de los insumos en sí.

La Sigatoka negra fue identificada por primera vez en el valle de Sigatoka en Fiji, en 1963, probablemente, en ese entonces, ya se encontraba distribuida a lo largo y ancho del sudeste de Asia y el Pacífico sur. En la mayoría de las áreas, la Sigatoka negra ha reemplazado a la amarilla, para convertirse en la enfermedad predominante del banano.

La Sigatoka negra es causada por el ascomiceto, *Mycosphaerella fijensis* Morelet. El patógeno produce conidios y ascosporas, ambas

tienen la capacidad de infectar. Son formadas bajo condiciones de alta humedad, siendo dispersas por la lluvia y el agua de riego; debido a su abundancia y pequeño tamaño, las ascoporas son más importantes que los conidios al dispersar la enfermedad entre plantas y dentro de las poblaciones. Mientras que el material infectado de la planta, el cual es utilizado en los países desarrollados para elaborar material de empaque, es el responsable de las infecciones a larga distancia. Ejemplo de esto es el brote reciente de Sigatoka negra en el sur de Florida, siendo el resultado de la importación de germoplasma infectado por parte de los agricultores locales (PLOETZ, 1999).

El control químico tanto de la Sigatoka amarilla como de la Sigatoka negra, ha evolucionado considerablemente desde hace 65 años. En los años 30 se utilizaba el caldo bordelés, que paulatinamente fue reemplazado por varias generaciones exitosas de fungicidas protectantes y después de fungicidas sistémicos. En la actualidad, los inhibidores de desmetilación de esteroides son los compuestos más utilizados; sin embargo, nuevas clases de fungicidas, como las estrobilurinas, jugarán un rol determinante en el futuro

Debido a que existe la tendencia a desarrollar resistencia o tolerancia por parte *M. fijensis* hacia los fungicidas sistémicos, las empresas bananeras los aplican alternándolos o combinándolos con fungicidas protectantes de amplio espectro, como los ditiocarbamatos y el clorotalonilo. A excepción del clorotalonilo, estos fungicidas son mezclados con aceites agrícolas, el cual posee propiedades importantes para el combate del patógeno. Entre ellas incluye una mejor penetración, distribución y permanencia del fungicida aplicado, así como su efecto fungistático, es decir, retarda el desarrollo del patógeno en las hojas infectadas. Cuando los aceites son mezclados en

emulsiones de agua, con los fungicidas, el “cocktail” resultante provee un mejor control de la enfermedad (FULLERTON and STOVER, 1990).

Los fungicidas protectores son productos que al ser aplicados a las plantas no penetran en el tejido foliar. Los ingredientes químicos de los fungicidas de contacto son liberados lentamente por el rocío o las gotas de lluvia, y actúan inhibiendo la germinación de las esporas o el desarrollo del tubo germinativo del patógeno.

El modo de acción de estos productos es de “multisitio”, un proceso bajo control multigénico, es decir, que actúan en diferentes procesos metabólicos vitales para la vida del hongo, por lo que la probabilidad de que el hongo pueda obtener resistencia a estos fungicidas es bastante baja. Los fungicidas protectantes afectan el metabolismo de las proteínas, bloquean la oxidación de ácidos grasos, afectan la producción de energía/ATP y bloquean la enzima deshidrogenasa. (ROMERO, 1987)

Una de las familias de fungicidas de contacto más utilizados para el control de la Sigatoka negra en el banano es la de los bisditiocarbamatos o EBDC's (cuyo ingrediente activo es el mancozeb, el cual se degrada a etilentiourea y otros compuestos). El Dithane pertenece a este grupo.

El etilentiourea (ETU) es una base metabólica de los fungicidas etilendisoditiocarbamatos (EBDC's), los cuales son frecuentemente utilizados para el control de enfermedades en una gran variedad de cultivos. Durante la degradación de los EBDC's, se forman varios productos, uno de ellos es ETU (Figura 1).

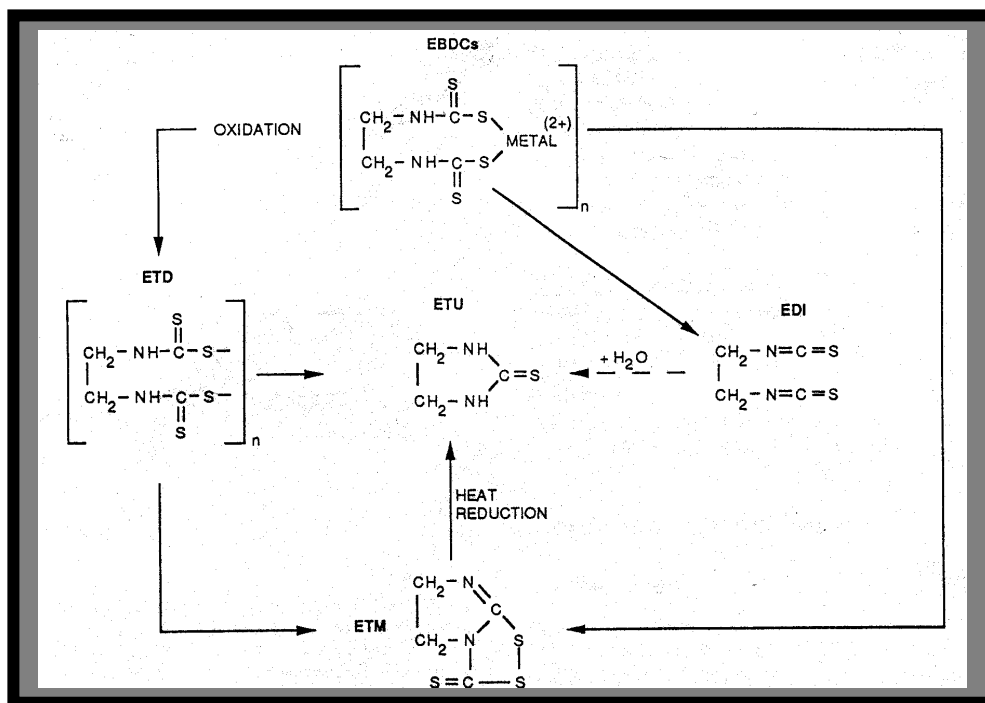


Figura 1. Degradación de Etilenbisditiocarbamatos

Se ha observado que la ETU posee actividad carcinogénica, bociogénica y teratogénica en pruebas realizadas en animales sometidos a dosis altas (en ratas por inhalación > 5.14 mg/L) (HOGENDOORN, 1991). El ETU es considerado una sustancia polar y estable, altamente móvil en el suelo y puede llegar a agua superficial, subterránea y potable lo cual es causa de gran preocupación. Obviamente, de allí que el análisis de residuos de ETU requiera rápida y adecuadamente de investigaciones con el propósito de dar garantía ambiental con límites de detección de una parte por billón (ppb) o inferior.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Selección del área de estudio

La selección de la Compañía Puerto Armuelles Fruit Company, en Barú como área de trabajo para la realización de éste proyecto de tesis obedece fundamentalmente a las siguientes consideraciones:

- a) Es considerada como una de las empresas más importantes de la región occidental de la provincia de Chiriquí por su contribución económica a través de la producción de bananos.
- b) Utilización de gran cantidad de agroquímicos en la región, de los cuales no se tiene información.
- c) Gran cantidad de moradores en el área que pueden ser afectados
- d) El agua del río Palo Blanco que recorre las Fincas de Guayacán, Higuito, Palo Blanco, Javillo, Nispero, Malagueto, y otras, es utilizada por los moradores para uso doméstico, recreativo y pesca.
- e) El promedio anual de precipitación en esta zona oscila entre 809.27 mm y 2,153.17 mm.
- f) Con el desarrollo de este trabajo se pretende colaborar con la empresa en la formulación de alternativas de solución a la problemática de los recursos naturales de la zona, en lo relacionado con la calidad del recurso hídrico.

3.2 Localización del área de estudio

El área de estudio está localizada en la región occidental de la Provincia de Chiriquí, en la Cuenca baja del Río Chiriquí Viejo, y se encuentra entre las coordenadas 8°40" y 8°55" de Latitud norte y 82°31" y 82°55" de Longitud este.

Sus límites son: al norte con Chuchupate y Colorado; al sur, con Puerto Armuelles, al este, con Burica Centro y al oeste, con San Bartolo y Quebrada de Arena.

3.3 Información relevante sobre los aspectos de calidad ambiental y de salud en el área de estudio.

En 1993, se realizaron exámenes de laboratorio a 130 trabajadores de las bananeras, de los cuales el 60 % se le diagnosticó azoospermia total, es decir que no producen esperma. Estos obreros estuvieron repetidamente expuestos al producto conocido como Furazone o Nemagon cuyo i.a. es el dibromocloropropano o DBCP (AIZPURUA, 1996). En un estudio realizado por Jiménez y Penagos en 1991 se logró determinar, mediante pruebas de parche, que el fungicida clorotalonilo utilizado en las fincas bananeras, era el causante de la dermatitis cenicienta en los trabajadores que manipulaban dicho producto (JIMENEZ, et al., 1991).

En 1992 ocurrió el derrame de 3,000 L del fungicida Bravo 720, cuyo ingrediente activo es el clorotalonilo, produciendo una gran mortandad de peces y de otras especies acuáticas del Río Chiriquí Viejo como en los manglares aledaños a su desembocadura. Los análisis realizados a las

aguas de dicho río en diferentes puntos mostraron la presencia de clorotalonilo en niveles de trazas (menor de 50 ppb).

Dado los problemas de contaminación por plaguicidas descritos anteriormente en la zona de estudio, es evidente la necesidad de implementar programas de monitoreo de las aguas superficiales, aguas subterráneas, sedimento, suelo y aire que nos permitan definir estrategias de control de estas sustancias químicas en los diferentes ecosistemas de la provincia.

3.4 Materiales y equipos de laboratorio

Las determinaciones analíticas fueron realizadas en los laboratorios de residuos tóxicos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA/Tocumen), Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá (FAUP), y Laboratorios de Química de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI).

3.4.1. Análisis de manganeso y zinc en muestras de peces.

Estos fueron realizados en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Los materiales y equipos utilizados fueron los siguientes:

Envases de vidrio y de plástico para la recolección de muestras

Espectrofotómetro de absorción atómica de la Perkin Elmer 3110

Lámpara múltiple de manganeso y zinc

Horno de grafito

Cápsulas de porcelana

Balanza analítica digital
Ácido nítrico concentrado

3.4.2 Análisis de residuos de plaguicidas (ETU).

Estos análisis se realizaron en los laboratorios de residuos tóxicos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario en Tocumen, Provincia de Panamá. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Cromatógrafo Líquido de Alta eficiencia (HPLC) Hewlett Packard serie 1050
- Columna de fase inversa (solventes polares)
- Detector ultravioleta

3.4.3 Materiales para la colecta de las muestras y datos de campo.

La toma de muestras en las distintas estaciones seleccionadas fue realizada con el apoyo de la empresa Puerto Armuelles Fruit Company, de la UNACHI y de la Familia De León, que consistió en lo siguiente:

- Vehículo doble tracción
- Personal calificado (estudiantes de IV de Química) para toma de muestras
- Personal de campo (limpieza de camino)
- Máscaras protectoras de partículas tóxicas
- Hielera marca Coleman.

También se utilizó materiales cartográficos, y equipo de gabinete.

3.5 Selección del área de estudio

Los datos para la presente investigación se recolectaron durante el período de febrero de 2000 hasta enero de 2001, en tres puntos del Río Palo Blanco, dentro de las fincas bananeras de la Empresa Puerto Armuelles Fruit Company.

Para la selección de las estaciones de muestreo, se tomó en cuenta la representatividad; cada estación está ubicada de manera estratégica, que permite medir el efecto de la aplicación aérea sobre la mayor cantidad de plantaciones de bananos. La accesibilidad; las estaciones están ubicadas en sitios de mayor acceso a vías de comunicaciones y, además, se consideró la entrada, centro y salida del área de cultivo (Figura 2).

Sobre la base de estos criterios fueron seleccionadas las siguientes estaciones de muestreo:

Estación 1: Ubicada sobre el Río Palo Blanco en las Fincas de Javillo y Majagua, a una Latitud de 8 grados, 21 minutos, 51.2 segundos y una Longitud de 82 grados, 53 minutos, 16.2 segundos; a 4.4 km de la segunda estación, y con una profundidad de 0.5 metro.

Estación 2: Está ubicada aguas abajo del puente sobre el río Palo Blanco en la carretera que conduce a las oficinas principales en Corredor, con una profundidad de 1.0 metro. Se encuentra a 6.5 km de la tercera estación. Esta estación comprende las fincas de Palo Blanco e Higuito con una Latitud de 8 grados, 19 minutos, 5 segundos y una Longitud de 82 grados, 53 minutos, 8.8 segundos.

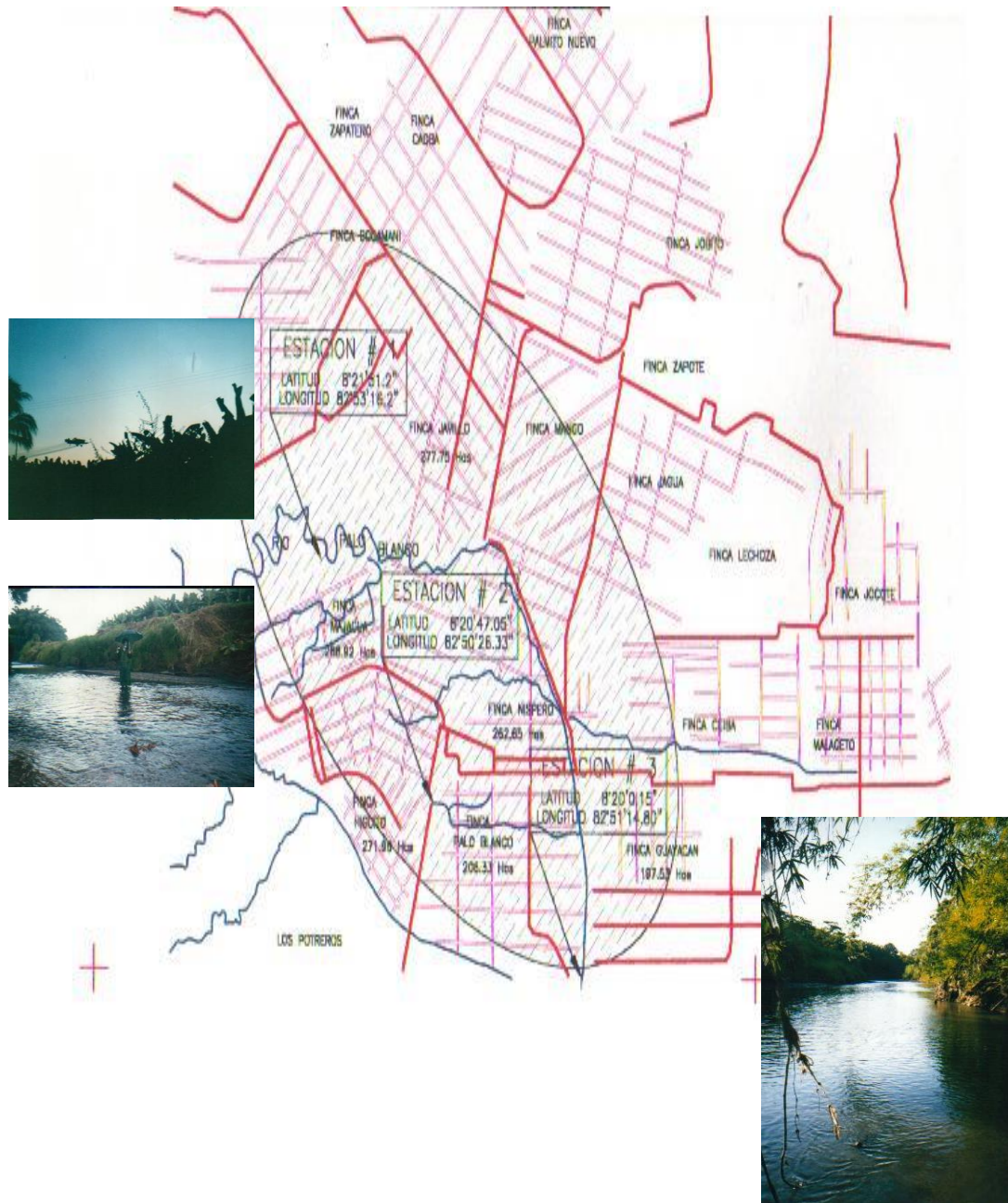


Figura 2. Localización de las estaciones monitoreadas en el Río Palo Blanco, Ecosistemas de bananos. Barú.

Estación 3: Se localiza a 2.5 km después de la salida del último bloque de cultivo a una Latitud de 8 grados, 19 minutos, 40.4 segundos y una Longitud de 82 grados, 52 minutos, 10.8 segundos, que comprende las fincas de Palo Blanco y Guayacán; con una profundidad aproximadamente de 1.5 metros.

Para todas las estaciones de muestreo, Quintero (2000) cuentan con datos de parámetros físico-químicos (oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, pH, sólidos suspendidos, sólidos totales, alcalinidad, dureza, micro y macro elementos), no se cuenta con datos de residuos de plaguicidas en agua y sedimento.

3.5.1 Frecuencia de muestreo

Los muestreos se realizaron durante la estación seca y la estación lluviosa, estos dependían de los ciclos de fumigación programados por la Empresa Bananera y de las condiciones climáticas del área; las mismas se realizaron el 7 de enero de 2001, el 19 de febrero de 2000 y 29 de agosto de 2000.

3.5.2 Recolección de las muestras

Las 63 muestras de agua superficial fueron colectadas en el periodo de 7 – 10 a.m.(una muestra cada 10 minutos, posteriormente se establecieron muestras compuestas de 30 minutos cada una para reducir la cantidad de muestras por período) una vez iniciada la fumigación aérea en envases de vidrio color ámbar, previamente lavados y enjuagados con metanol grado plaguicida y secados al aire, de forma simultánea en las tres estaciones establecidas, a una profundidad de 15 a 20 cm y a una distancia de 2.0 m de la orilla del río (en tres períodos diferentes). Las 9 muestras de sedimento

(50 g) se recolectó con una palita de acero inoxidable y colocados en frascos ámbar igual que las muestras de agua. Al mismo tiempo se recolectó 18 muestras por deposición aérea en envases de vidrio con agua destilada (1L) y 18 muestras en papel de cromatografía, 20 cm x 20 cm, al nivel de la superficie del río y de áreas cubiertas por el cultivo de banano. Las muestras fueron identificadas con un código indeleble, embaladas y colocadas en neveras con abundante hielo para mantener una temperatura máxima de 10°C y transportadas al Laboratorio de Química de la Universidad Autónoma de Chiriquí y almacenadas a - 20 °C.

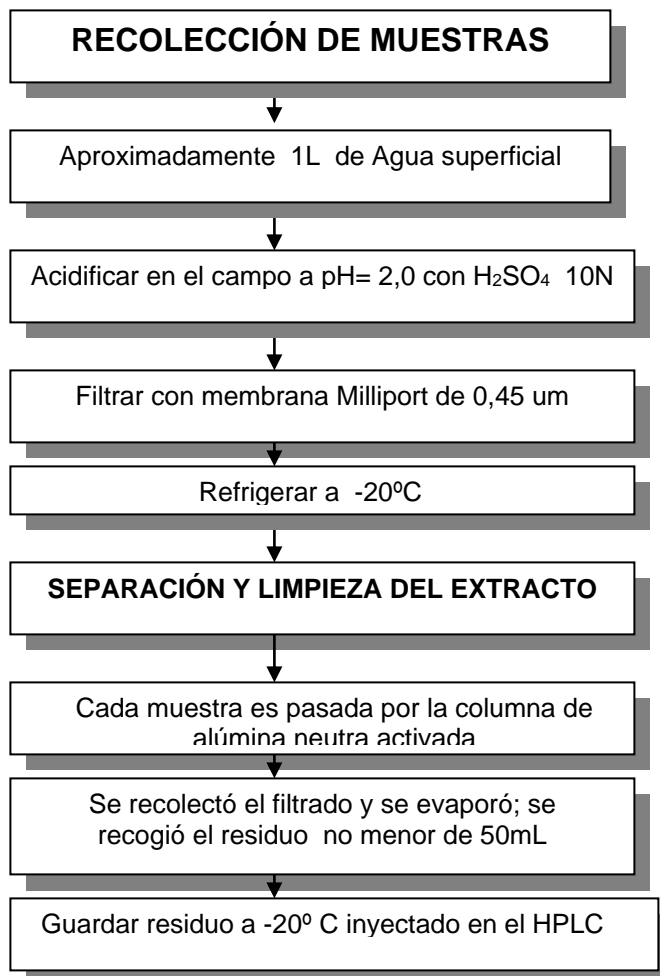
El estudio toxicológico de la muestra se realizó mediante el ensayo de la CL₅₀ para lo cual se emplearon 50 peces de agua dulce de la especie *Lebistes sp.*, por concentración y triplicado del fungicida Dithane (500, 100; 50 y 10 ppb; blanco), procedentes de la quebrada Nuevo San Carlito, con un peso corporal entre 18 y 22 gramos. El ensayo se realizó en un cuarto a una temperatura de 26 °C, con un ciclo de luz – oscuridad 12 – 12 horas. La alimentación consistió en 5 gramos de alimento para peces dos veces al día. Nuestra finalidad era observar la relación dosis – respuesta de los peces empleados en el ensayo, aunque no brinda información sobre el mecanismo de acción propios del agente, pero si nos permitió establecer en términos prácticos cuan tóxico es. El tipo de respuesta que se establece es un índice de letalidad en función del número de individuos tratados que mueren. La dosis letal también nos permite conocer la potencia del compuesto por la magnitud de la respuesta del organismo. Nos hubiese gustado determinar el destino final de éste fungicida, ya que los peces son capaces de concentrar en sus órganos y tejidos cantidades elevadas de sustancias químicas.

3.6 Selección de la metodología de análisis

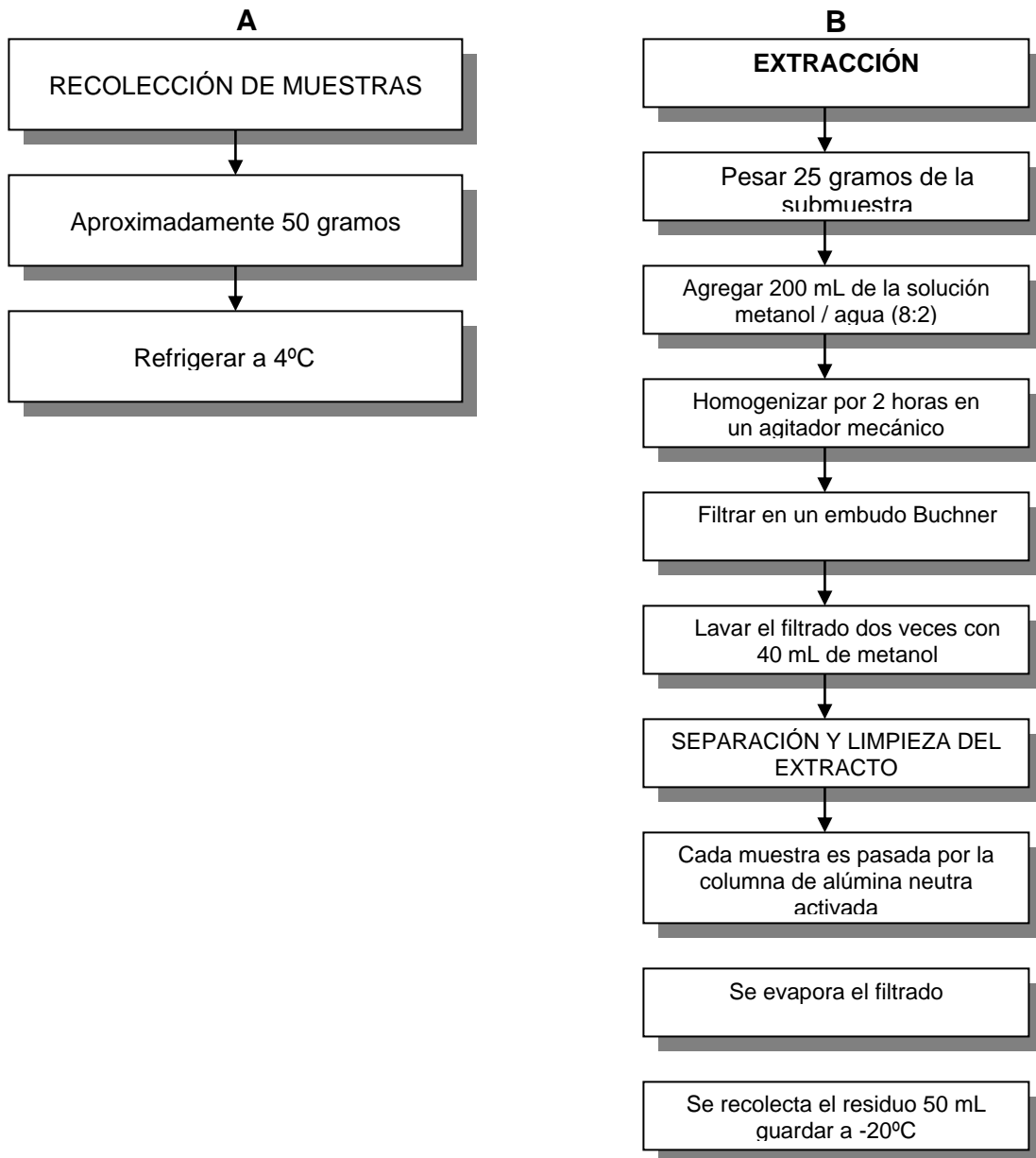
El análisis de residuos se realizó siguiendo la metodología descrita por DFG. Deutsche Forschungsgemeinschaft. Manual of Pesticide Residue Analysis. Vol. I (1987) p. 135-141, en el Laboratorio de Análisis de Residuos (Proyecto de Agroecotoxicología) del MIDA, Tocumen, Panamá.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Esquema general de procedimiento para muestras de agua superficial y para deposición aérea en agua destilada (HPLC).

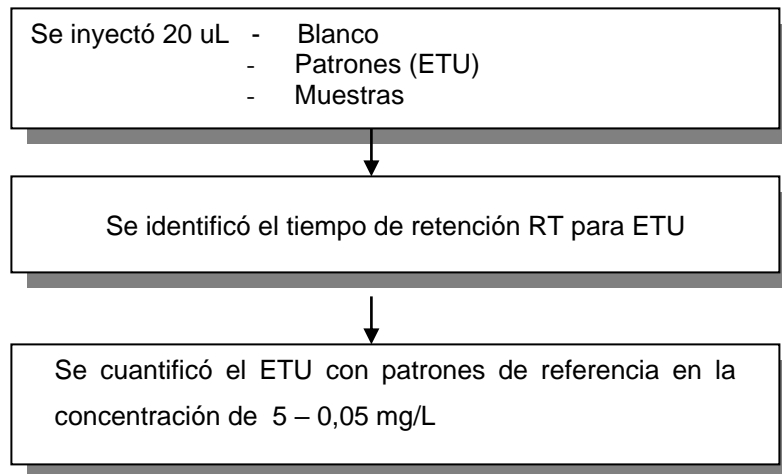


Esquema de procedimiento para muestras de sedimento del lecho del Río Palo Blanco



Las muestras para las pruebas de deposición aérea en papel filtro fueron procesadas adicionando 25 mL de acetona y luego evaporando a sequedad, empleando posteriormente la solución extractora de metanol / agua (5:95) y finalmente pasado por la columna de alúmina neutra.

CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA EFICIENCIA (HPLC)



3.7 Análisis de resultados:

Para el análisis de los resultados utilizamos el modelo de Friedman o de dos vías:

$$Y_U = U + T + B + E_U$$

Y_U = observaciones efectuadas

U = media poblacional estimada por la media general del experimento

T = efecto del tratamiento

B = efecto de los bloques

E_U = error experimental asociado con las observaciones por tratamiento

También hicimos uso de chi cuadrado, ya que existe homogeneidad o independencia:

$$X^2 = (O - Z)^2 / Z$$

(X^2) = chi cuadrado

O = observaciones

Z = esperado

Los resultados obtenidos durante los tres períodos de muestreo fueron analizados con el paquete estadístico STATISTIX 3.5.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los cuadros 2, 3 y 4 muestran los residuos de ETU detectados en las 63 muestras de agua superficial del Río Palo Blanco en las tres Estaciones seleccionadas para el estudio; en tres períodos diferentes durante la fumigación aérea del fungicida Dithane.

Cuadro 2. Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco. Febrero 19 de 2000.

Tiempo (horas)	Estación 1	Estación 2	Estación 3
7:00 a.m.	n.d	n.d	n.d
7:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:30 a.m.	54 $\mu\text{m/L}$	140 $\mu\text{g/L}$	71 $\mu\text{g/L}$
10:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. No detectable $\leq 0.05 \text{ mg/L}$

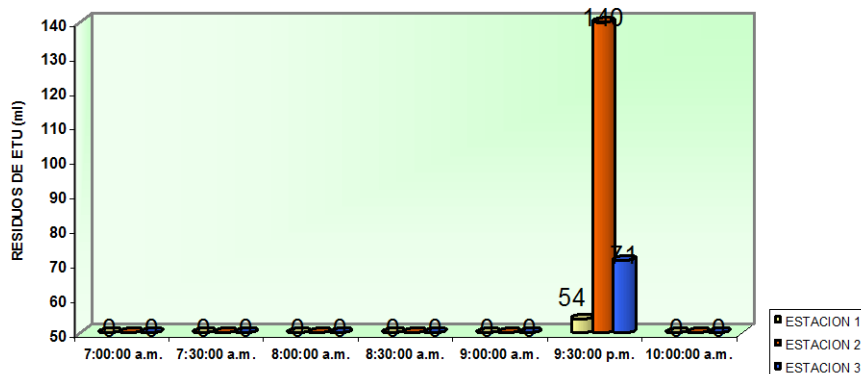


Gráfico 1. Residuos de ETU en agua superficiales del Río Palo Blanco, febrero 2000.

**Cuadro 3. Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco.
Agosto 29 de 2000.**

Tiempo (horas)	Estación 1	Estación 2	Estación 3
7:00 a.m.	n.d	n.d	n.d
7:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:30 a.m.	73 ug/L	150 ug/L	97 ug/L
10:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. No detectable ≤ 0.05 mg/L

**Cuadro 4. Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco.
Enero 7 de 2001.**

Tiempo (horas)	Estación 1	Estación 2	Estación 3
7:00 a.m.	n.d	n.d	n.d
7:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
8:30 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.
9:30 a.m.	68.2 ug/L	148.2 ug/L	85.4 ug/L
10:00 a.m.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. No detectable ≤ 0.05 mg/L

La fumigación aérea se inicia a las 6:30 a.m. y el avión se desplaza de norte a sur, para evitar que el sol dificulte la visibilidad del piloto con una altura de vuelo de 15 – 17 m del nivel del suelo. La fumigación finaliza a las 9:00 a.m.

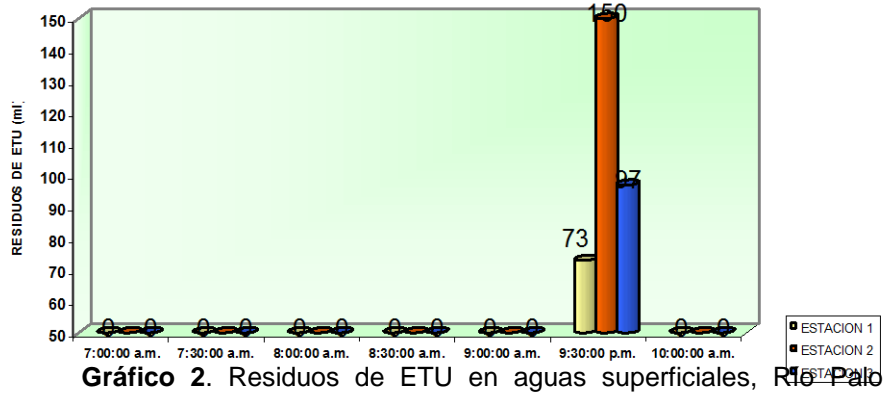


Gráfico 2. Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco. Agosto 29 de 2000.

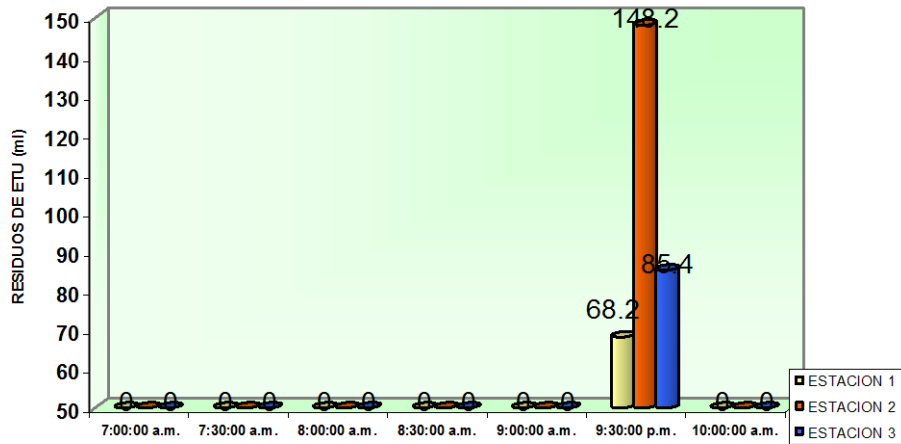


Gráfico 3. Residuos de ETU en aguas superficiales, Río Palo Blanco. Enero 7 de 2001.

En estos cuadros podemos observar claramente la presencia de ETU, únicamente en las muestras recolectadas a las 9:30 a.m. (63 muestras compuestas, recolectadas cada 10 minutos) en las tres estaciones; detectándose mayor residuo en la estación 2 (140 – 150 ug/L) y la de menor residuo es la estación 1 (543 –73 ug/L). Los niveles más altos de ETU para las tres estaciones se registró en el muestreo de agosto 29 de 2000 y la menor cantidad en febrero 19 de 2000. Tomando en cuenta la presión de vapor, se puede observar que el Mancozeb es poco o nada volátil, por lo que no desaparecerá por vía gaseosa hacia la atmósfera, en este sentido tiene mayor posibilidad de llegar a las aguas superficiales y al acuífero antes de volatilizarse. La estación 1 cuenta con cinco canales que van directamente al río Palo Blanco, los cuales han permanecido sin flujo de agua debido a los herbazales que impiden algún aporte de agroquímicos al río, las otras dos estaciones no cuentan con canales. Durante los tres períodos de muestreos las dos avionetas con capacidad de 500 galones pasaban sobre el río, en el muestreo de agosto fuimos bañados en la estación 2 con el fungicida, con mayor frecuencia esto ocurre en la estación 2 con respecto a las otras dos estaciones. Desde el punto de vista ecotoxicológico es preocupante la presencia de residuos de ETU aún a niveles bajos, esto indica que estamos contaminando el ambiente.

Existe muy poca información de ensayos experimentales agua/sedimento, por esta razón consideramos que se debe continuar con este tipo de investigaciones; otro aspecto que debemos contemplar es el de tomar muestras por triplicado en cada tiempo para procesar estadísticamente los resultados de residuos de ETU en las muestras de agua superficial durante la fumigación aérea. En Panamá no existen regulaciones sobre los niveles de ETU en agua superficial. Los límites máximos permisibles de residuos de

ETU en agua superficial según el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de Holanda son de 260 ug/L.

En 1991 el Dr. Elbert Hogendoorn del Instituto de Protección Ambiental de Holanda mediante la técnica de cromatografía de alta eficiencia (HPLC) determinó niveles de ETU en muestras de agua subterránea de 0.05 ppb.

En 1997 el Departamento de Química de la Universidad Rodrigo Facio de Costa Rica, realizó estudios de residuos de plaguicidas en agua subterránea en una Finca Bananera de la Zona Atlántica de Costa Rica por un período de seis meses, enviándose las muestras a un laboratorio privado en Canadá en donde se hizo un barrido y contemplaba el análisis de 48 plaguicidas incluyendo Dithane, y no se detectó la presencia de ninguno de ellos (CASTILLO, 1997).

Los cuadros 5,6 y 7 muestran los niveles de ETU en agua destilada por deposición aérea en las 18 muestras tomadas de 6:30 a.m. – 10:30 a.m. para las tres estaciones a campo abierto (nivel de la superficie del río) y a campo cerrado (debajo de los cultivos de bananos).

Cuadro 5. Niveles de ETU en agua destilada por deposición aérea, Febrero 19 de 2000.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo Abierto	n.d	305.7 ug/L	141.0 ug/L
Bajo los cultivos	62.1 ug/L	86.3 ug/L	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Cuadro 6. Niveles de ETU en agua destilada por deposición aérea, Agosto 29 de 2000.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo Abierto	n.d	345 ug/L	174.0 ug/L
Bajo los cultivos	65.4 ug/L	88.3 ug/L	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Cuadro 7. Niveles de ETU en agua destilada por deposición aérea, Enero 7 de 2001.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo Abierto	n.d	347 ug/L	196 ug/L
Bajo los cultivos	59 ug/L	76 ug/L	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Al someter los resultados de residuos de ETU obtenidos a campo abierto y debajo de los cultivos en agua destilada a un análisis estadístico mediante la prueba de X^2 se obtiene que $p \leq 0.05$, por lo tanto se establece que la concentración o residuos de ETU es heterogéneo en los sitios (campo abierto y debajo del cultivo) con respecto a las estaciones en los tres períodos de muestreo.

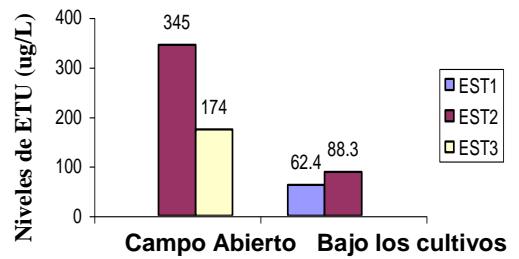
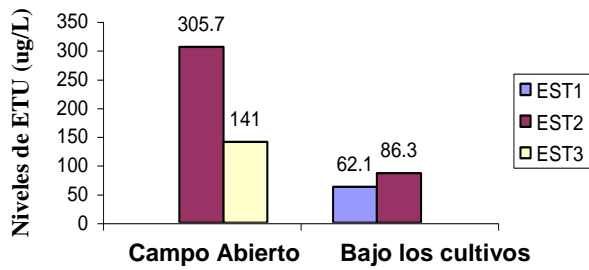


Gráfico 4. Niveles de ETU en Agua destilada por Deposición Aérea, Agosto 29 de 2000.

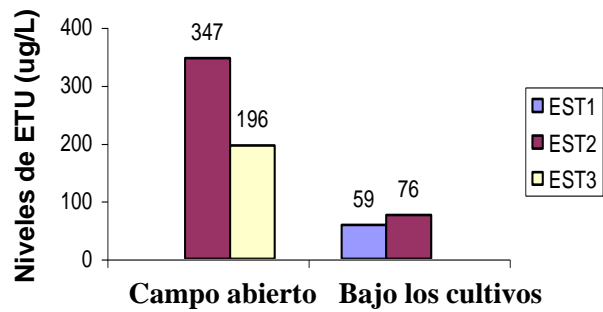
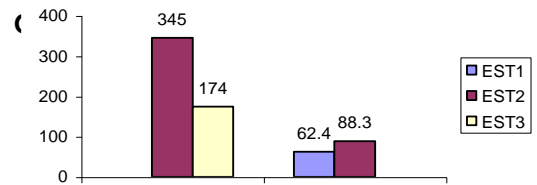


Gráfico 6. Niveles de ETU en Agua destilada por Deposición Aérea, Enero 7 de 2001.

Las gráficas 4,5,6 muestran los niveles de ETU presentes en un litro de agua destilada por deposición aérea, observándose claramente que los mayores residuos se detectan en las muestras que están al nivel de la superficie del río con respecto a las muestras que se encuentran debajo de los cultivos, esto nos indica claramente que el fungicida queda adherido a la hoja de la planta.

En los cuadros 8,9 y 10 así como en los gráficos 7, 8 y 9 se muestran los datos generales, los cuales corresponden a los niveles de ETU presentes en las 18 muestras en el papel de cromatografía por deposición aérea en las tres estaciones, tanto al nivel de la superficie del río como debajo de los cultivos.

Cuadro 8. Niveles de ETU por deposición aérea en papel de cromatografía, Febrero 19 de 2000.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo abierto	n.d.	6.62 ug/m ²	1.42 ug/m ²
Bajo los cultivos	0.48 ug/m ²	2.30 ug/m ²	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Cuadro 9. Niveles de ETU por deposición aérea en papel de cromatografía, Agosto 29 de 2000.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo abierto	n.d.	7.74 ug/m ²	1.97ug/m ²
Bajo los cultivos	0.97 ug/m ²	3.19 ug/m ²	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Cuadro 10. Niveles de ETU por deposición aérea en papel de cromatografía, Enero 7 de 2000.

SITIO	ESTACION 1	ESTACION 2	ESTACION 3
Campo abierto	n.d.	8.70 ug/m ²	1.86 ug/m ²
Bajo los cultivos	1.25 ug/m ²	3.82 ug/m ²	n.d.

n.d. No detectable (≤ 0.05 mg/L)

Los resultados de ETU en papel de cromatografía tanto a campo abierto como debajo del cultivo al aplicarle la prueba de X^2 ($p \geq 0.05$) para las tres estaciones en los tres períodos de muestreo nos indica que no hay diferencia significativa aceptándose la hipótesis de homogeneidad.

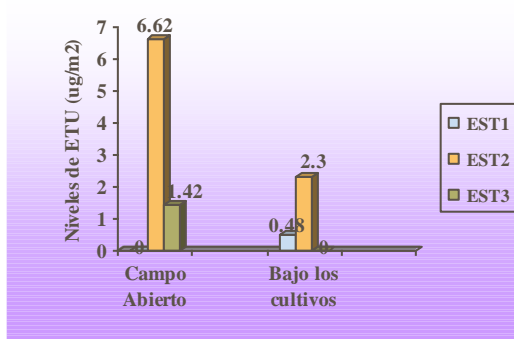


Gráfico 7. Niveles de ETU por Deposición aérea sobre Papel de Cromatografía, Febrero 19 de 2000.

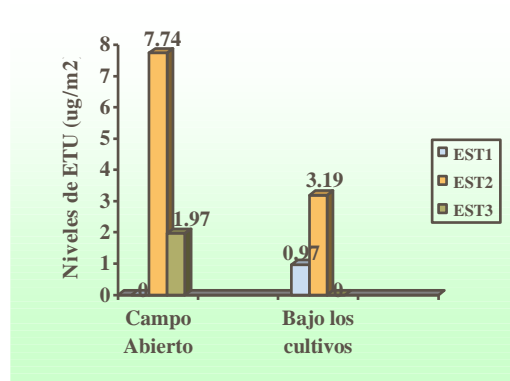


Gráfico 8. Niveles de ETU por Deposición aérea sobre Papel de Cromatografía, Agosto 29 de 2000.

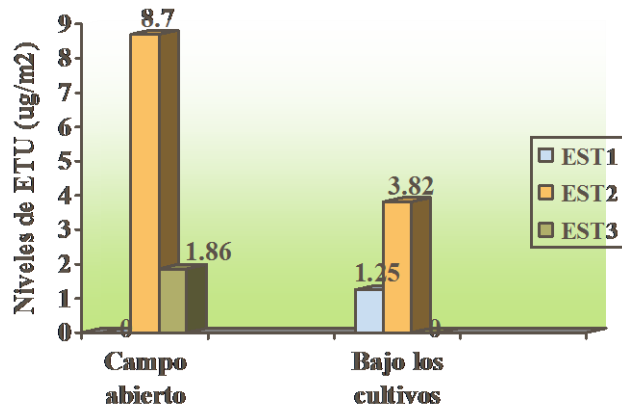


Gráfico 9. Niveles de ETU por Deposición Aérea sobre Papel de Cromatografía, Enero 7 de 2001.

Estos gráficos muestran claramente que el fungicida es depositado adecuadamente en el tejido foliar del cultivo, los niveles de ETU tanto en el agua destilada como en el papel de cromatografía son menores bajo los cultivos con respecto a los obtenidos al nivel de la superficie del río.

Al aplicar los fungicidas para el control de la Sigatoka negra es muy importante tomar en cuenta las condiciones climáticas que se presentan durante la época de temperaturas bajas (estación seca), como es la formación de una capa de aire frío y denso (bruma) principalmente sobre el cultivo, la cual impide el adecuado cubrimiento de la mezcla sobre las hojas al utilizarse aplicaciones aéreas. En dos ocasiones hubo que suspender la fumigación aérea debido a la formación de esta bruma, motivo por el cual tuvimos que extender el tiempo de nuestra investigación.

En los cuadros 11, 12 13 y 14 se muestran los valores promedios de los niveles de manganeso y zinc (con una desviación estándar de ± 0.01) en peces a la máxima y mínima concentración del fungicida en estudio con respecto a la muestra patrón (estos datos están dados en mg/kg de muestra)

Cuadro 11. Niveles de Manganeso en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Abril 2000.

TIEMPO (horas)	PROMEDIO 500 ug/L	PROMEDIO 10ug/L	CONTROL
24	6.97	5.48	3.61
96	8.30	7.38	3.61

Cuadro 12. Niveles de Zinc en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Abril 2000.

TIEMPO (horas)	PROMEDIO 500 ug/L	PROMEDIO 10 ug/L	CONTROL
24	9.09	7.44	6.62
96	10.44	8.24	6.62

Cuadro 13. Niveles de Manganeso en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Junio 2000.

TIEMPO (horas)	PROMEDIO 500 ug/L	PROMEDIO 10 ug/L	CONTROL
24	6.71	5.05	2.73
96	7.83	6.23	2.78

Cuadro 14. Niveles de Zinc en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane, Junio 2000.

TIEMPO (horas)	PROMEDIO 500 ug/L	PROMEDIO 10 ug/L	CONTROL
24	8.76	6.93	4.96
96	9.50	8.41	4.96

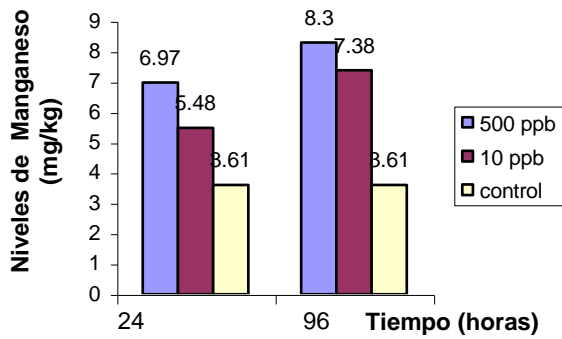


Gráfico 10. Niveles de Manganeso encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de Dithane. Abril 2000

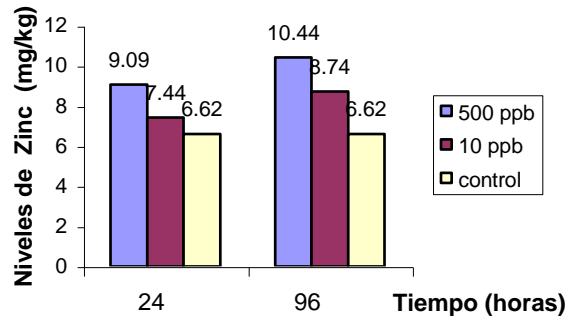


Gráfico 11. Niveles de Zinc encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de dithane. Abril 2000.

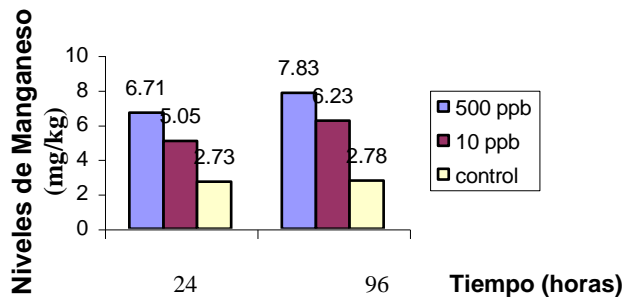


Gráfico 12. Niveles de manganeso encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de dithane. Junio 2000.

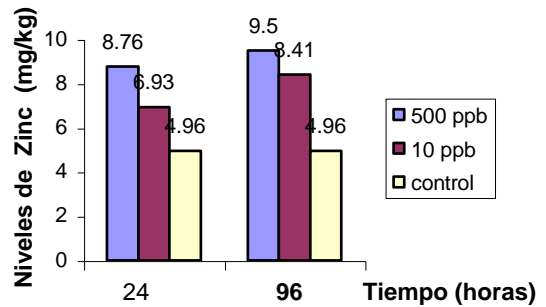


Gráfico 13. Niveles de Zinc encontrados en peces expuestos a la máxima y mínima concentración de dithane. Junio 2000.

En estos cuadros al igual que los gráficos 8,9,10 y 11 se muestran claramente los niveles de manganeso y zinc absorbidos por los peces con respecto a los peces control a las 24 y 96 horas respectivamente en dos períodos diferentes (abril y junio de 2000) a la máxima concentración de dithane (500 ppb) y a la mínima concentración de dithane (10 ppb).

La estructura química de los compuestos nutritivos es muy variada, de manera que la maquinaria celular está provista de numerosos catalizadores o enzimas, que hacen frente a esta gran diversidad de productos químicos de la dieta. Este conjunto de enzimas también lo emplea la célula para eliminar compuestos tóxicos potencialmente nocivos. La capacidad de desintoxicación celular tiene un límite que está dado por la dosis de la sustancia (CHARPENTIER, 1988).

Los resultados lo sometimos a un análisis de varianza de dos vías (tiempo y tratamiento) considerando distribución normal, nos indica que si hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos y que el tiempo no ejerce ningún tipo de influencia. Previo análisis de Bartlett, se sugiere que las varianzas para Zn y Mn son iguales.

Los cuadros 15, 16, 17 y los gráficos muestran el promedio porcentual de sobrevivencia en cada una de las concentraciones del fungicida en estudio en función del tiempo de exposición.

Cuadro 15. Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de dithane, Mayo 2000

TIEMPO (horas)	500	100	50	10	CONTROL
24	94.7	93.3	97.3	98.7	96
48	87.3	92	95.3	97.3	96
72	87	91.3	95.3	97.3	96
96	87	91.3	95.3	97.3	96

Cuadro 16. Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de dithane, Julio 2000

TIEMPO (horas)	500	100	50	10	CONTROL
24	94	95.3	97.3	98.7	96
48	91.3	92.7	94.7	97.3	96
72	90	91.3	94.7	97.3	96
96	90	91.3	94.7	97.3	96

Cuadro 17. Porcentaje de sobrevivencia dependiendo del tiempo de exposición a 500, 100, 50, 10 ug/L de dithane, Octubre 2000

TIEMPO (horas)	500	100	50	10	CONTROL
24	94	95.3	98	98	96
48	91.3	92.7	96	96.7	96
72	90.7	91.3	94.7	96.7	96
96	90.7	91.3	94.7	96.7	96

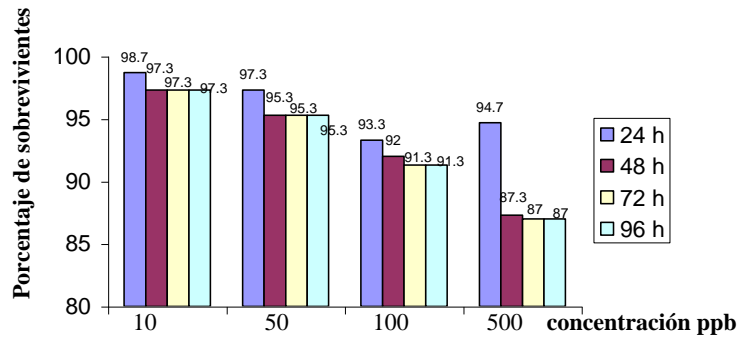


Gráfico 14. Porcentaje de sobrevivientes dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de dithane, mayo 23 de 2000.

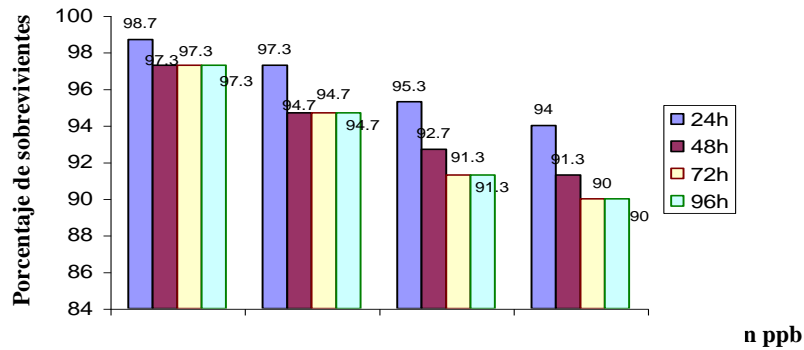


Gráfico 15. Porcentaje de sobrevivientes dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de dithane, julio 3 de 2000

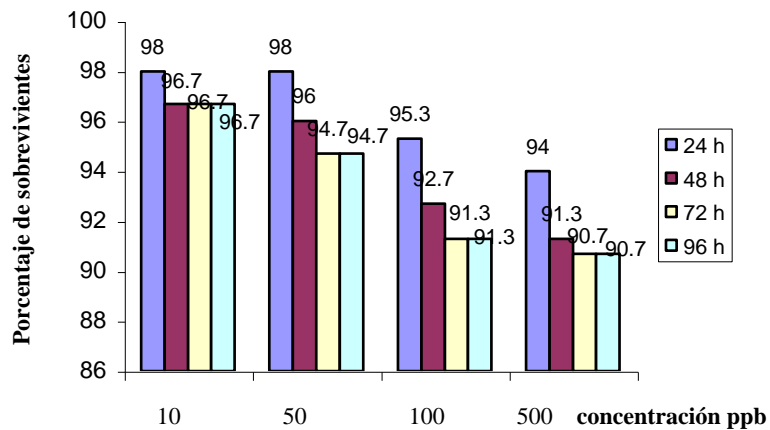


Gráfico 16. Porcentaje de sobrevivientes dependiendo del tiempo de exposición a diferentes concentraciones de dithane, Octubre 14 de 2000

Al someter estos resultados a un análisis de varianza ($p \leq 0.05$) se encontró diferencias significativas, en donde la sobrevivencia esta afectada por el tiempo y los tratamientos del fungicida en estudio. La respuesta de los organismos (peces) ante las toxinas depende de varios factores, siendo los más importantes las propiedades específicas, físicas y químicas del compuesto y la cantidad a la que estén expuesto.

En nuestro caso tratamos de simular lo que sucede en el ecosistema de bananos durante la fumigación aérea y no aumentamos la cantidad o concentración del fungicida, que nos permitiera establecer un índice de letalidad en función del número de individuos tratados (50 peces por concentración y por triplicado) que mueren, tomando en cuenta la baja solubilidad del mancozeb ($\leq 0,1$ mg/L) el cual se degrada rápidamente a DIDT (5,6-dihydro-imidazo(2,1-c-1,2,4 dithiazole-3-thion) y después a ETU. Por lo que hemos establecido la relación en función del número de individuos que sobreviven. Consideramos que éste tipo de estudio debe continuarse ya que en nuestra provincia se utiliza grandes cantidades de mancozeb no sólo en el cultivo de bananos sino en la producción de arroz, actualmente no se cuenta con muchos datos ecotoxicológicos que indique si realmente estamos afectando el ambiente.

CONCLUSIONES

1. Los ecosistemas de bananos reciben una elevada carga de agroquímicos, tanto fertilizantes como plaguicidas, que son descargados al ambiente en forma líquida, en polvo, mediante el uso de máquinas aspersoras o desde el aire con avionetas. No todos estos químicos son absorbidos por las plantas, sino que una buena parte se degrada y la otra va a dar a las aguas superficiales por el viento (causando daños a la flora y fauna acuática), a las aguas subterráneas por lixiviación o al aire por evaporación.
2. La hipótesis planteada originalmente resultó cierta porque las aguas superficiales del río Palo Blanco en las tres Estaciones estudiadas, a pesar de que todo parecía indicar que se encontrarían grandes cantidades de residuos de ETU no fue así, al menos en concentraciones peligrosas. Aunque en el presente caso este ecosistema tiene algunas características que evitan o reducen su contaminación, también es cierto que los plaguicidas son desviados hacia otros sitios como carreteras, canales de drenaje, viviendas, terrenos nacionales, por lo que la contaminación no es eliminada sino únicamente desplazada, pudiendo afectar otros ecosistemas. En este sitio se tiene la ventaja de que el elevado régimen pluvial permite una mayor dilución.
3. Las concentraciones encontradas de ETU en el agua superficial del Río Palo Blanco constituyen un riesgo de toxicidad crónica para la vida acuática. El monitoreo de plaguicidas en esta zona con alto uso es indispensable para conocer y entender la presencia y el comportamiento

de los mismos y para estimar y mitigar sus posibles impactos al ecosistema acuático.

4. De acuerdo con los resultados CL_{50} se observó diferencias significativas entre el tiempo de exposición y los tratamientos.

RECOMENDACIONES

1. Hacer del conocimiento a la empresa Puerto Armuelles Fruti Company los resultados de este estudio, con la finalidad de crear conciencia sobre el problema ambiental, para mayores controles durante la fumigación y protección de los trabajadores y moradores del área.
2. Debe investigarse la formulación de nuevos agroquímicos menos perjudiciales para el ambiente y la optimización de su uso, con el fin de minimizar los costos de producción y diseñar sistemas que permitan un desarrollo sostenible y el aprovechamiento máximo de las posibilidades agrícolas de este ecosistema en estudio sin perjudicarlo.
3. Muchos de los moradores en esta zona se abastecen con aguas subterráneas, por lo que se recomienda investigar cuidadosamente la calidad de esas aguas, sobre todo si los pozos se ubican cerca de fuentes eventuales de contaminación como una plantación bananera.
4. Para complementar la información obtenida se puede efectuar estudios de residuos de plaguicidas en los organismos más representativos (peces) de este ecosistema.

LITERATURA CITADA

- BEITIA, A. 1989. Análisis de la problemática de la Calidad del Agua y formulación de recomendaciones para su Manejo en la Cuenca Alta del Río Chiriquí Viejo. Panamá. Turrialba, C.R., CATIE. 240 p.
- CASTILLO. A. R. 1997. Comportamiento de agroquímicos en un acuífero somero bajo una plantación bananera en la Zona Atlántica de Costa Rica. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. 87 p.
- CARREL, F., FAURÉ, S., GONZÁLEZ, D., LAGODA, P. 1994. Evaluation de la diversité génétique chez les bananiers diploides (*Musa spp.*), Genet, Set. Evol. 26:125s – 136s.
- CHARPENTIER, C., TABASH, E. 1988. Variaciones en la diversidad de la comunidad bentónica del sedimento. Un indicador biológico del estado de contaminación de los ríos de la sub – región de Heredia, Costa Rica. Uniciencia 5 (1 – 2): 69 – 76 p.
- CHONG, N. Y BATISTA, C. 1994. Diagnóstico nacional en materia de seguridad y salud del trabajo en la agricultura. Revista IPEL, N°. 13, Agosto, Panamá.

DUZIN, B., PAVONI and DONAZZOLO, R. 1988. Macroinvertebrate communities and sediments as pollution indicators for heavy metals in the river Adige (Italy) *Wat Res.* Vol. 22(11): 1353 – 1363 p.

ESPINOSA, J. G. 2000. Reducción del Vertimiento de Plaguicidas por Escorrentía desde fuentes terrestres no puntuales al Mar Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Programa Ambiental para el Caribe. Consultor del Proyecto PNUMA/AMP – GEF # 1100 –99 –04 – 2201. 156 p.

FERRARO, S.P. and COLE, F.A. 1995. Taxonomic level suficiente for assessing pollution impacts on the southern California bright macrobenthos – revisited. *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol. 14, N°6, 1031 –1040.

FULLERTON, R.A., and STOVER, R.H. (eds) 1990. Sigatoka Leaf Spot Diseases of Banana: Proceedings of an International Workshop held at San José Costa Rica, 28 March – 1 April, 1989. UNIBAP. Montpellier, France. 374 p.

GAUHL, F. 1994. Epidemiology and Ecology of Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijensis* Morlet) on Plantain and Banana (*Musa* spp.)

in Costa Rica, Central America, Ph.D. dissertation, Universitat
Gottingen, 1989. (translated to English from German by INIBAP,
Montpellier, France), 120 p.

HIJE, L., CASTILLO, L., WESSELING, I. 1987. El Uso de Plaguicidas en
Costa Rica. Heliconia – Euned, San José, Costa Rica. 152 p.

HOGENDOORN, E.A. 1991. Column – Switching RPLC for the Trace –
Level Determination of Ethylenethiourea in Aqueous Samples.
Laboratory of Organic Analytical Chemistry, National Institute of Public
Health and Environmental Protection. The Netherlands.
Chromatographia. Vol. 31, N°56, 292 p.

JENKINS, M. J. 1995. Aproximación a la problemática sanitaria de la
exposición a los plaguicidas en Centroamérica y Panamá. Conferencia
en II Congreso Nacional de Salud Pública y I de Epidemiología.
Noviembre OPS/OMS/MINSALUD. Panamá.

PLOETZ, R.C, and MOURICHON, X. 1999. First report of Black Sigatoka in
Florida. Plant Disease 83: 15-20.

ROMERO, R. 1987 Instructivo sobre el combate de la Sigatoka negra del
banano. Asociación Bananera Nacional, Costa Rica. Boletín N°3. 13 p.

THOMMAN, R.V. 1987. Principles of Water Quality Modeling and Control.
Harper International Edition. New York. U.S.A. 644 p.