

**EVALUACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DEL PLAGUICIDA AGRÍCOLA  
CLORPIRIFOS EN BOLSAS DE POLIETILENO UTILIZADAS EN LOS  
CULTIVOS DE PLÁTANO Y BANANO POR CROMATOGRFÍA DE GASES**

**WILSON ESTUPIÑÁN CRUZ**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO  
FACULTAD CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA QUÍMICA  
ARMENIA  
2006**

**EVALUACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DEL PLAGUICIDA AGRÍCOLA  
CLORPIRIFOS EN BOLSAS DE POLIETILENO UTILIZADAS EN LOS  
CULTIVOS DE PLÁTANO Y BANANO POR CROMATOGRFÍA DE GASES**

**WILSON ESTUPIÑÁN CRUZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito  
para optar al título de Químico**

**Asesor**

**Hoover Valencia Sánchez  
Master en Ciencias Químicas**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO  
FACULTAD CIENCIAS BÁSICAS  
PROGRAMA QUÍMICA  
ARMENIA  
2006**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Armenia,** \_\_\_\_\_

Para ellos, con todo mi amor y cariño.

A quienes siempre me han apoyado pase lo que pase, a los que han confiado en mí por encima de todos: DIOS, mis dos madres, mi padre, mis hermanos y mi tía  
Q.E.P.D.

Son los mejores!

## **AGRADECIMIENTOS**

Universidad del Quindío por contribuir en la formación personal y profesional.

Roberto Carlos Arrubla Jaramillo, Químico, Técnico Laboratorio Investigación en Poscosecha. El ser humano que estuvo en las buenas y en las malas, un gran maestro.

Hoover Valencia Sánchez, Master en Ciencias Químicas, docente Universidad Tecnológica de Pereira. Por infundirme respeto y amor hacia la investigación.

Magda Ivonne Pinzón, Doctora en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Directora Laboratorio Investigación en Poscosecha. Por facilitar el trabajo en el laboratorio en un momento tan complicado y por sus enseñanzas.

Alfonso Londoño, Vicerrector Administrativo, Director de Investigación de la Universidad del Quindío. Por estar siempre atento y por su apoyo al inicio de este trabajo.

Andrés Mauricio Rojas y Ana María Gómez, Químicos, Investigadores en el Laboratorio de Plaguicidas. Siempre colaborando, aliento constante en momentos claves.

William Viveros, Odontólogo, Gerente PLABAN. Por proporcionar todos los recursos necesarios para el desarrollo del estudio y por estar siempre disponible y, a todo el personal de la fábrica por su respeto y buen trato.

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. MARCO TEÓRICO	3
<i>↗</i> Antecedentes	3
2.1 LOS PLAGUICIDAS	5
2.1.1 Reseña histórica	6
2.1.2 Clasificación	8
2.1.3 Plaguicidas Organofosforados	14
2.1.3.1 Estructura y clasificación	15
2.1.3.2 Propiedades físicas y químicas	17
<i>↗</i> Estado físico	17
<i>↗</i> Volatilidad	17
<i>↗</i> Solubilidad	18
<i>↗</i> Poder de penetración y poder sistémico	18
<i>↗</i> Estabilidad química y reacciones generales	19
2.1.3.3 Toxicidad	19

2.2 EL CLORPIRIFOS	20
2.2.1 Definición	21
2.2.2 Propiedades físicas y químicas	21
2.2.3 Usos	21
2.2.4 Compuestos a base de clorpirifos	22
2.2.4.1 Pyritilene	22
2.2.4.2 Lorsban 4 EC	23
2.2.5 Clorpirifos en el ambiente	23
2.3 EMPLEO DE PLAGUICIDAS EN LA AGRICULTURA	24
2.3.1 Cultivos de plátano y banano en la Zona Cafetera	25
2.3.1.1 Embolse	26
<i>↻</i> Embolse prematuro	26
<i>↻</i> Embolse tardío	26
<i>↻</i> Ventajas del embolse	27
2.4 IMPACTO AMBIENTAL	29
2.4.1 Exposición a los plaguicidas en el medio ambiente	30
2.4.1.1 Aire	30
2.4.1.2 Suelo	31
2.4.1.3 Agua	31
2.4.1.4 Cultivos	32
2.4.2 Mejoramiento en el empleo de plaguicidas	32
2.4.3 Legislación	33

2.4.3.1 Decreto número 1843 de 1991	34
2.5 EL POLIETILENO	35
2.5.1 Polietileno de alta densidad	35
2.5.2 Polietileno de baja densidad	36
2.5.3 Polietileno lineal de baja densidad	36
2.6 MANUFACTURA DE BOLSAS	37
2.7 CROMATOGRAFÍA DE GASES	39
2.7.1 Cromatografía gas-líquido	40
2.7.1.1 Cromatografía de gases/espectrometría de masas	41
2.7.1.2 Instrumentación	41
↻ Gas portador	41
↻ Sistema de inyección de la muestra	42
↻ Columnas	43
↻ Fase estacionaria	43
↻ Detectores	44
➤ Detector selectivo de masas	44
2.7.1.3 Aplicaciones de la cromatografía gas-líquido	45
↻ Análisis cuantitativo	45
➤ Análisis basado en el área de picos	46
➤ Calibración y patrones	46
3. METODOLOGÍA PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL PLAGUICIDA	47
3.1 EQUIPOS	47

3.2 REACTIVOS	47
3.3 PROCEDIMIENTO	47
3.4.1 Solubilidad	47
3.4.2 Preparación del estándar	48
3.4.3 Condiciones del cromatógrafo de gases	48
3.4.4 Elaboración de la curva de calibración	49
3.4.5 Técnica de extracción	49
3.4.6 Lugar de muestreo	50
3.4.7 Toma y manipulación de muestras	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 PRUEBA DE SOLUBILIDAD	52
4.2 PREPARACIÓN DEL ESTÁNDAR	53
4.3 ELABORACIÓN CURVA DE CALIBRACIÓN	58
4.4 MÉTODO DE EXTRACCIÓN	58
4.5 CONDICIONES CROMATOGRÁFICAS	60
4.6 CUANTIFICACIÓN DEL CLORPIRIFOS	62
4.6.1 Muestreo 1	62
4.6.1.1 Condiciones climatológicas y su influencia	65
4.6.2 Muestreo 2	65
4.6.2.1 Condiciones climatológicas y su influencia	65
4.6.3 Muestreo 3	66
4.6.3.1 Condiciones climatológicas y su influencia	70
4.6.4 Muestreo 4	70

5. CONCLUSIONES	74
6. RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	77

## LISTA DE TABLAS

		<b>pág.</b>
Tabla 1	Clasificación funcional y química combinada de los plaguicidas propuesta por Guns y Steven en 1976.	6
Tabla 2	Solubilidad del clorpirifos	49
Tabla 3	Primera dilución del clorpirifos con acetona	51
Tabla 4	Segunda dilución del clorpirifos con acetona	52
Tabla 5	Primera dilución del clorpirifos con metanol	54
Tabla 6	Segunda dilución del clorpirifos con metanol	55
Tabla 7	Concentración del clorpirifos muestreo 1	59
Tabla 8	Concentración del clorpirifos muestreo 2	62
Tabla 9	Concentración del clorpirifos muestreo 3	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estructura química del Clorpirifos	18
Figura 2	Gránulos de piritileno	20
Figura 3	Ácaro Trips	25
Figura 4	Avispa Trigona	25
Figura 5	Insecto Picudo	26
Figura 6	Estructura química HDPE	33
Figura 7	Estructura química LDPE	34
Figura 8	Representación esquemática de un cromatógrafo de gases	36
Figura 9	Curva de calibración del clorpirifos	56
Figura 10	Cromatógrafo de gases	58
Figura 11	Cromatograma y espectro del clorpirifos (100 ppm)	60
Figura 12	Fragmentación del clorpirifos	61
Figura 13	Cromatograma y espectro del fragmento de clorpirifos Muestreo 3	64
Figura 14	Fragmento de clorpirifos	65
Figura 15	Integración manual del fragmento de clorpirifos Muestreo 3	66
Figura 16	Cromatograma y espectro del muestreo 4	68

## **LISTA DE ANEXOS**

- Anexo A Cromatogramas y espectros de clorpirifos
- Anexo B Límites máximos de residuos de plaguicidas en frutas
- Anexo C Mapas de condiciones climáticas en los días de muestreo
- Anexo D Ficha de seguridad del clorpirifos

## GLOSARIO

Ácaro: arácnido de respiración traqueal o cutánea, con cefalotórax tan íntimamente unido al abdomen que no se percibe separación entre ambos. Esta denominación comprende animales de tamaño mediano o pequeño, muchos de los cuales son parásitos de otros animales o plantas.

Molusquicida: agente que destruye los moluscos.

Acaricida: agente que destruye los ácaros.

Artrópodo: animales invertebrados, de cuerpo con simetría bilateral, cubierto por cutícula, formado por una serie lineal de segmentos más o menos ostensibles y provisto de apéndices compuestos de piezas articuladas o artejos; p. ej., los insectos, los crustáceos y las arañas.

Bellota: espata del plátano. Conjunto de frutos recién nacidos del pedúnculo de las flores de la planta del plátano.

Defoliante: que provoca la caída artificial de las hojas de las plantas.

Emulsión: dispersión de un líquido en otro no miscible con él.

Extrusión: dar forma a una masa metálica, plástica, etc, haciéndola pasar por una abertura especialmente dispuesta.

Fungicida: agente que destruye los hongos.

Impedancia: relación entre la tensión alterna aplicada a un circuito y la intensidad de la corriente producida. Se mide en ohmios.

Lepidóptero: se dice de los insectos que tienen boca chupadora constituida por una trompa que se arrolla en espiral, y cuatro alas cubiertas de escamitas imbricadas. Tienen metamorfosis completas, y en el estado de larva reciben el nombre de oruga, y son masticadores; sus ninfas son las crisálidas, muchas de las cuales pasan esta fase de su desarrollo dentro de un capullo.

Molusco: Se dice de los metazoos con tegumentos blandos, de cuerpo no segmentado en los adultos, desnudo o revestido de una concha, y con simetría bilateral, no siempre perfecta; p. ej., la limaza, el caracol y la jibia.

Nemátodos: gusanos que tienen aparato digestivo, el cual consiste en un tubo recto que se extiende a lo largo del cuerpo, entre la boca y el ano.

Pirolizar: descomponer un producto químico por acción del calor.

Sistémico: perteneciente o relativo a la circulación de la sangre.

Sosa: hidróxido sódico, muy cáustico. (NAOH)

Teflón: Material aislante muy resistente al calor y a la corrosión, usado para articulaciones y revestimientos así como en la fabricación de ollas y sartenes.

### **SIGLAS**

ECD: Electron Capture Detector (detector de captura electrónica)

FID: Flame Ionization Detector (detector ionización de llama)

GC: Gas Chromatography (cromatografía de gases)

GC-MS: Gas Chromatography – Masas Spectroscopy (cromatográfica de gases-espectroscopia de masas)

GLC:	Gas Liquid Chromatography (cromatografía gas-líquido)
HDPE:	High Density Poly Ethylene (polietileno de alta densidad)
IDEAM:	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales
ITD:	Ion Tramp Detector (detector trampa iones)
LDPE:	Low Density Poly Ethylene (polietileno de baja densidad)
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PLABAN:	Plátano y Banano
SPI:	Society of the Plastic Industry (sociedad de la industria de plásticos)
UHMWPE:	Ultra High Molecular Weight Poly Ethylene

## SÍMBOLOS

A	Amperios
μL	Microlitros
min	Minutos
mL	Mililitros
mg	Miligramos
g	Gramos
L	Litros

°C	Grados centígrados
ppm	Partes por millón
ppb	Partes por billón
RSD	Coefficiente de variación
%R	Porcentaje de recuperación
Psi	Unidades de presión
Atm	Atmósfera (Medida de presión)
"	Pulgadas