



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

602N.

EVALUACION DE LA TOXICIDAD RELATIVA DEL DDVP (VAPONA),  
MEDIANTE BIOENSAYOS EN SIETE ESPECIES  
DE ORGANISMOS ACUATICOS

1997

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)  
PRESENTA  
M. en C. RAUL GARCIA ACOSTA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE DE CONTENIDO

### INTRODUCCION Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

#### CAPITULO 1. ANTECEDENTES

- 1.1 Plaguicidas
  - Generalidades y clasificación
- 1.2 Efecto de plaguicidas en organismos acuáticos
  - Plancton
  - Invertebrados: Moluscos, Crustáceos e Insectos
  - Otros invertebrados
  - Peces
- 1.3 DDVP: 2,2, Diclorovinil, Dimetil, Fosfato
  - Propiedades físicas y químicas
  - Comportamiento en el agua y atmósfera
  - Propiedades biológicas
- 1.4 Bioensayos
  - Definición
  - Términos de uso común
  - Tipos de bioensayo

#### CAPITULO 2. MATERIAL Y METODOS

- 2.1 Especies experimentales
  - Culex sp.
  - Belostoma sp.
  - Macrobrachium acanthurus
  - Crassostrea virginica
  - Cichlasoma gadovii
  - Tilapia sp.
  - Ictalurus punctatus
- 2.2 Agua de dilución
- 2.3 DDVP (vapona)
  - Diluciones y aplicaciones
- 2.4 Bioensayos utilizados
  - Bioensayo estático y con reposición
  - Pruebas exploratorias y definitivas
- 2.5 Diseño experimental empleado
  - Lotes testigo, experimental y réplicas
  - Concentraciones empleadas
  - Tiempo de exposición
  - Tamaño de las poblaciones

#### CAPITULO 3. RESULTADOS

- 3.1 Resultados cuantitativos
- 3.2 Observaciones

#### CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### CONCLUSIONES

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Tipo de plaguicidas por su acción directa sobre diversos organismos
- Cuadro 2. Plaguicidas organico-sintéticos, según tipo
- Cuadro 3. Tipo de plaguicidas por su modo de acción
- Cuadro 4. Lista de terminos empleados para identificar el efecto de las substancias sobre los organismos de prueba
- Cuadro 5. Tipos de bioensayo, por la forma en que se aplica la solución de prueba, según APHA, (1976)
- Cuadro 6. Tipos de bioensayo por su duración, según APHA, (1976)
- Cuadro 7. Tipos de bioensayo, según Buikema, et al, (1982)
- Cuadro 8. Tipos de bioensayo aplicado, según especie
- Cuadro 9. Tratamiento prueba exploratoria Culex sp.
- Cuadro 10. Tratamiento prueba definitiva Culex sp.

Cuadro 11. Tratamiento prueba exploratoria Belostoma sp.

Cuadro 12. Tratamiento prueba definitiva Belostoma sp.

Cuadro 13. Tratamiento prueba exploratoria Macrobrachium  
acanthurus

Cuadro 14. Tratamiento prueba definitiva Macrobrachium  
acanthurus

Cuadro 15. Tratamiento prueba con reposición  
Macrobrachium acanthurus

Cuadro 16. Tratamiento prueba exploratoria Crassostrea  
virginica

Cuadro 17. Tratamiento prueba definitiva Crassostrea  
virginica

Cuadro 18. Tratamiento prueba con reposición Crassostrea  
virginica

Cuadro 19. Tratamiento prueba exploratoria 1 Cichlasoma  
gadovii

Quadro 20. Tratamiento prueba exploratoria 2 Cichlasoma  
gadovii

Quadro 21. Tratamiento prueba definitiva Cichlasoma  
gadovii

Quadro 22. Tratamiento prueba definitiva Tilapia sp.

Quadro 23. Tratamiento prueba con reposición Tilapia sp.

Quadro 24. Tratamiento prueba exploratoria Ictalurus  
punctatus

Quadro 25. Tratamiento prueba definitiva Ictalurus  
punctatus

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Concentración de plaguicida que causa el 50% de mortalidad en estadios juveniles de peces a 24 y 48 horas de exposición

Tabla 2. Propiedades físicas del DDVP

Tabla 3. Resultados del análisis de muestras de agua dulce purificada

Tabla 4. Degradación del DDVP en un invernadero sin ventilación

Tabla 5. Degradación del DDVP en un invernadero con ventilación

Tabla 6. Relación de la concentración de DDVP (ppm) empleada en cada prueba por especie estudiada

Tabla 7. Relación de especies por tipo de prueba y tiempo de exposición

Tabla 8. Relación del tamaño de la población por especie y tipo de prueba

Tabla 9. Número y tipo de lotes, por tipo de prueba,

según especie

Tabla 10. Resultados de la prueba exploratoria con Culex sp. con diferentes dosis de DDVP a 3 horas de exposición

Tabla 11. Resultados de la prueba definitiva con Culex sp. con diferentes dosis de DDVP a 20 horas de exposición

Tabla 12. Resultados de la prueba exploratoria con Belostoma sp. con distintas dosis de DDVP a 3 horas de exposición

Tabla 13. Resultados de la prueba definitiva con Belostoma sp. con distintas dosis de DDVP a 9 horas de exposición

Tabla 14. Resultados de la prueba exploratoria con Macrobrachium acanthurus a diferentes dosis de DDVP a 1.5 horas de exposición

Tabla 15. Resultados de la prueba definitiva con Macrobrachium acanthurus a diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición

Tabla 16. Resultados de la prueba definitiva con reposición para Macrobrachium acanthurus con



diferentes dosis de DDVP a 24 horas de  
exposición

Tabla 17. Resultados de la prueba exploratoria con  
Crassostrea virginica con distintas dosis de  
DDVP a 48 horas de exposición

Tabla 18. Resultados de la prueba definitiva con  
Crassostrea virginica a diferentes dosis de  
DDVP a 24 horas de exposición

Tabla 19. Resultados de la prueba exploratoria 1 con  
Cichlasoma gadovii a diferentes dosis de DDVP  
a 48 horas de exposición

Tabla 20. Resultados de la prueba exploratoria 2 con  
Cichlasoma gadovii a distintas dosis de DDVP  
a 3.5 horas de exposición

Tabla 21. Resultados de la prueba definitiva con  
Cichlasoma gadovii a distintas dosis de DDVP  
a 24 horas de exposición

Tabla 22. Resultados de la prueba definitiva con Tilapia  
sp. a distintas dosis de DDVP a 12 horas de  
exposición

Tabla 23. Resultados de la prueba definitiva con reposición con Tilapia sp. a diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición

Tabla 24. Resultados de la prueba exploratoria con Ictalurus punctatus con diferentes dosis de DDVP a 13 horas de exposición

Tabla 25. Resultados de la prueba definitiva con Ictalurus punctatus con diferentes dosis de DDVP a 14 horas de exposición

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula estructural del 2,2 Diclorovinil,  
Dimetil Fosfato

Figura 2. Síntesis del DDVP a partir del Cloral y  
Trimetilfosfito

Figura 3. Hidrólisis del DDVP

Figura 4. Reacción del DDVP con Mercáptidos

Figura 5. Metabolismo del DDVP en mamíferos

Figura 6. Degradación del DDVP en tejidos animales,  
según O'Brien, (1967)

Figura 7. Tipos de bioensayo, según APHA, (1976)



## INTRODUCCION Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

La preocupación del hombre por proveer de alimentos y recursos necesarios para mantener a una población cada día más numerosa, lo ha llevado a tratar de optimizar todos y cada uno de los procesos de producción, en especial pone énfasis en la generación de alimentos y los procesos de transformación que redundan en beneficio de la humanidad.

Sin embargo, al manejar los recursos tanto renovables como no renovables, ha desafiado y descuidado el equilibrio ecológico que se da en la naturaleza, el resultado ha sido una sobre explotación de los recursos bióticos y la alteración del medio, entre otros.

Particularmente en el sector agropecuario el uso de plaguicidas ha permitido mayores y mejores cosechas, mayor producción de leche y carne, a cambio se tienen plagas con mayor resistencia a algunos plaguicidas, especialmente a los insecticidas, acumulación de éstos en los productos de consumo humano y animal, fuente de problemas de salud; pero no sólo esto, sino que los plaguicidas son llevados por la lluvia a los cuerpos de

agua, reduciendo la diversidad de la biota y minando el tamaño de sus poblaciones.

En el marco general de la producción de alimentos, el empleo de plaguicidas es ampliamente justificado, sin embargo, se ha observado que estos no sólo actúan sobre los organismos perjudiciales sino también sobre especies benéficas, habida cuenta de que su formulación se basa en compuestos químicos que operan sobre algún aspecto fisiológico específico de los organismos, y que con esto alcanza en su efecto a aquellos que presentan ese aspecto en particular, ya sean del mismo grupo taxonómico u otro cercano a él.

Por otra parte, el manejo de los plaguicidas y su dispersión en el medio propician un efecto positivo al liberar a los cultivos, y en su caso al ganado, de sus plagas, pero algunos de los plaguicidas permanecen en el medio, sus residuos impactan de manera negativa al ambiente contaminando el suelo, agua y a los propios organismos, pues no sólo les ocasionan la muerte, sino que se acumulan en sus tejidos y pasan a otros organismos en mayores concentraciones por vía de las cadenas alimenticias.

Es claro que la dispersión de plaguicidas debe ser

regulada, en este caso sobre la base de la cantidad específica necesaria para combatir la plaga y no más de la necesaria, un aspecto importante en este sentido es determinar puntualmente la Concentración Letal Media para cada especie plaga en particular, bajo determinadas condiciones del medio. Esta acción en conjunto con otras, debe permitir que los métodos de combate de plagas sean blandos y que causen el menor impacto negativo sobre el medio ecológico.

A1 considerar estos hechos, se hace evidente la necesidad de conciliar la decisión de proveer de los recursos necesarios para satisfacer las demandas de la población para su bienestar y desarrollo con los de conservar, proteger y mantener el medio ecológico, en razón de que el hombre está inserto en éste.

Por lo que la presente investigación se ha orientado por estos conceptos, y en el marco de la producción de alimentos, aborda el problema del empleo de insecticidas para controlar plagas, enfocándose al estudio del DDVP (vapona), por ser un insecticida muy versátil en cuanto a sus características particulares de rápida degradación, no ser residual y descomponerse en compuestos inócuos en el ambiente.

El estudio está dirigido a investigar en siete especies de la fauna acuática los efectos del DDVP, apoyándose en la metodología de los bioensayos, utilizando organismos de interés comercial y alimenticio, ocupándose de identificar tanto el efecto, como la Dosis Letal Media ( $LD_{50}$ ) y en algunos casos la Concentración Efectiva Media ( $EC_{50}$ ), referidas a tiempos de exposición determinados.

De esta manera la investigación pretende aportar elementos que apoyen otros estudios en este sentido, o bien sean aprovechados para la toma de decisiones en el empleo del DDVP.

#### OBJETIVOS:

1). Evaluar la toxicidad relativa, de dosis agudas y subagudas, del DDVP sobre organismos acuáticos mediante bioensayos estáticos en muestras de poblaciones de Culex sp., Belostoma sp., Macrobrachium acanthurus, Crassostrea virginica, Cichlasoma gadoyii, Tilapia sp. e Ictalurus punctatus con diferentes dosis y a diversos tiempos de exposición en condiciones de laboratorio.



2). Determinar el rango de Dosis Letal Media de DDVP para cada una de las especies experimentales a diferentes tiempos de exposición y diversas concentraciones del insecticida, mediante bioensayos estáticos en condiciones de laboratorio.

3). Establecer la sensibilidad de las especies de prueba para diferentes concentraciones de DDVP y diversos tiempos de exposición.

El informe de la investigación presenta en el primer capítulo los resultados de la revisión bibliográfica desarrollada, que forma el marco referencial y de apoyo al estudio; en el segundo capítulo los métodos y el material que dieron lugar a la investigación; en el tercer capítulo los resultados, separados en resultados cuantitativos y algunas observaciones y comentarios sobre el efecto del DDVP en las especies experimentales, en el cuarto capítulo el análisis y discusión de los resultados para cada uno de los bioensayos en cada una de las especies estudiadas; finalmente se incluyen las conclusiones del trabajo y la bibliografía consultada.

## CAPITULO 1. ANTECEDENTES

En éste capítulo se hace referencia a la información que sirve de marco teórico conceptual para el desarrollo del trabajo.

En el primero de sus apartados se presenta una descripción sintética sobre los plaguicidas, en la que se da una panorámica de estos compuestos químicos, que permite ubicar al DDVP insecticida estudiado en la presente investigación. Asimismo, en un marco general se incluyen aspectos sobre los efectos en algunos organismos acuáticos ocasionados por el empleo de plaguicidas.

El segundo apartado está constituido por la información reunida sobre el DDVP en el que se da cuenta, entre otros aspectos, de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Finalmente en el tercer apartado se incluye la información correspondiente a los bioensayos, que son pruebas para la evaluación tóxica de una substancia a la que son sometidas especies biológicas en un tiempo determinado.

## 1.1 PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son sustancias químicas elaboradas por el hombre o productos de origen natural, que se destinan a destruir, controlar, atenuar, repeler o evitar la presencia de prácticamente cualquier forma de vida animal o vegetal que afecta la salud y bienestar del hombre, animales y plantas útiles. Por extensión se incluyen también las sustancias o mezclas de sustancias que se usan para regular el crecimiento de las plantas, los defoliantes y secantes (Areens, 1978; Barberá, 1967 y Blas, 1961).

### Generalidades y Clasificación

De acuerdo con Hodges, (1973), los plaguicidas se han clasificado bajo cuatro criterios principales que son: por su acción directa sobre ciertos organismos, por su naturaleza química, por su estado físico y por su modo de acción.

En el cuadro 1 se muestran los plaguicidas más comunes y que están incluidos en el primer grupo de clasificación.

Cuadro 1. Tipo de plaguicidas por su acción directa sobre diversos organismos.

Tipo	Uso
Insecticidas	Control de plagas de insectos y otras relacionadas con los artrópodos
Nematicidas	Benéfica para el control de nemátodos
Helicidas	Control de babosas y caracoles
Rodenticidas	Útiles en el control de roedores
Fungicidas	Se emplean en el control de hongos
Bactericidas	Útiles en el control de bacterias
Micoplasmicidas	Controlan micoplasmas
Viricidas	Se emplean en el control de virus
Herbicidas	Útiles en el control de malezas
Repelentes	Ahuyentan a las plagas
Atrayentes	Atraen a las plagas
Defoliantes	Eliminan la porción de la planta que no se desea
Desecantes	Secan químicamente follaje y tallos
Reguladores de crecimiento de las plantas	Detienen, aceleran o cambian procesos naturales de crecimiento de las plantas
Antitranspirantes	Cubren las hojas de las plantas para disminuir la pérdida de agua

Fuente: Dupont, 1988. Guía para el manejo seguro y aplicación de plaguicidas.

Por su naturaleza química los plaguicidas pueden ser:

a) Inorgánicos. Son fabricados a partir de elementos

minerales simples o una combinación de ellos, los más comunes son: arsénico, azufre, boro, cobre, estaño, mercurio y zinc; entre los compuestos están: caldo bordelés, arseniato de plomo y verde de parís además de otros.

b) Naturales. Incluye aceites de petróleo y compuestos de origen vegetal. En el primer caso los aceites son mezcla de cuatro clases de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos. En el segundo caso, los plaguicidas de origen vegetal se derivan de plantas o de una parte del vegetal, ejemplos comunes son la nicotina, que se obtiene de Nicotiana tabacum, la piretrina cuya fuente es Chrysanthemum pyrethrum y la rotenona obtenida de Derris sp. y Lochocarpus sp.

c) Orgánico-sintéticos. Son plaguicidas fabricados sintéticamente por el hombre, contienen carbono, hidrógeno y uno o más elementos como cloro, fósforo y nitrógeno.

Incluye cuatro grupos principales: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides, véase el cuadro 2.

Cuadro 2. Plaguicidas orgánico-sintéticos, según tipo.

Plaguicidas orgánico-sintéticos	Tipo de plaguicidas	Ejemplos
Organoclorados	Insecticidas	Campeclor; Clordano; Dicloro, Difenil, Tricloroetano (DDT) y Lindano
	Fungicidas	Clorotalonil, Captán, Folpet, y Difolatán
Fosforados	Insecticidas	Malatión, Paratión, Tricolorfón y Diclorvos (DDVP)
Carbamatos	Insecticidas	Aldicarb, Metomil y Carbaril
	Herbicidas	Eradicane y Asulam
	Fungicidas	Maneb y Mancozeb
Piretroides	Insecticidas	Cypermctrina y Deltametrina

Fuente: Dupont, 1988. Guía para el manejo seguro y aplicación de plaguicidas.

Por su estado físico los plaguicidas pueden ser polvos, soluciones disueltas, soluciones suspendidas o sólidos volátiles. Los compuestos activos, regularmente son combinados o mezclados con otros ingredientes (ingredientes inertes) que facilitan su uso, reducen el riesgo y permiten una aplicación más precisa, así los ingredientes activo e inerte constituyen las llamadas

formulaciones.

Por su modo de acción los plaguicidas se clasifican en 11 tipos, los cuales se explican en el cuadro 3 siguiente:

Cuadro 3. Tipo de plaguicidas por su modo de acción.

Tipo	Modo de acción
Protectores	Se aplican a las plantas, animales y edificaciones para evitar que en ellos se establezcan plagas que los dañen
Esterilizadores	Evitan que las plagas se reproduzcan, los machos estériles al aparearse hacen que la hembra produzca huevos no viables
De contacto	Destruyen las plagas al estar en contacto con ellas
Venenos estomacales	Al ser ingeridos por los organismos los matan
Sistémicos	Al circular por la sangre o hemolinfa de los animales o la savia de las plantas, destruye a la plaga sin dañar al huésped
Herbicidas traslocables	Son absorbidos por las raíces, tallo o follaje de la maleza, se mueve por toda la planta destruyéndola
Agentes fumigantes	Son gases que matan a los organismos al ser inhalados o absorbidos
Agentes anticoagulantes	Evitan que la sangre se coagule normalmente
Productos selectivos	El plaguicida es más efectivo para determinados organismos sobre otros
No selectivos	Son venenosos para la mayoría de plantas y animales
Feromonas	Hormonas sexuales que afectan a las plagas alterando su conducta sexual

Fuente: Dupont, 1988. Guía para el manejo seguro y aplicación de plaguicidas.

## 1.2 EFECTOS DE PLAGUICIDAS EN ORGANISMOS ACUATICOS

El empleo de los plaguicidas ha sido necesario en diversos campos como la agricultura, ganadería y la salud pública, con objeto de incrementar o mantener la producción de alimentos y la salud del hombre.

A cambio de esto, los plaguicidas y sus residuos han ido acumulándose en el medio, siendo el acuático el mayor receptor y los organismos que en él viven blanco de sus efectos negativos.

Los plaguicidas llegan a los cuerpos de agua por vía directa de aplicación en el control de plagas, como mosquitos, malezas acuáticas o bien accidentalmente por aplicaciones en gran escala en bosques o cultivos, y en estos casos también por escurrimiento e infiltración, además por los efluentes de industrias que en sus procesos emplean plaguicidas.

El comportamiento que tienen los plaguicidas en el agua es específico y consecuencia de su naturaleza química, algunos son solubles en ella mientras que otros no y son acarreados como partículas suspendidas, de la misma forma algunos tienen corta permanencia en



el medio mientras que otros persisten varios años.

Los plaguicidas producen daño a los organismos, en particular, y afectan a las poblaciones, comunidades y ecosistemas acuáticos, en general. Los efectos específicos sobre los organismos acuáticos se describen a continuación.

#### 1.2.1 Plancton

Los plaguicidas al actuar sobre el plancton afectan su productividad, reducen la fotosíntesis, propician acumulación de tóxicos en las especies del plancton, ocasionando la muerte de consumidores que se alimentan de él y provocan alteraciones metabólicas en los organismos.

Se ha demostrado que el plancton al ser expuesto, bajo condiciones controladas, durante cuatro horas con Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrín, Heptacloro, Metoxicloro o Toxafeno, reduce su productividad entre 70 y 94% y en el caso del Endrín, Lindano o Mirex entre 28 y 46%, (U. S. Department of Health, Education and Welfare, 1969).

Estudios realizados por el Bureau of Commercial Fisheries (BCF) en 1963, muestran que la productividad del fitoplancton, sometido durante cuatro horas a una concentración de 1.0 ppm a diferentes plaguicidas, sufre decremento como se indica: con defoliantes (DEF) 75.3%, fungicidas (Chemagro 4497) 86.1%, helicidas (Polystream) 31.8%, herbicidas (Paraquat) 53.2%, insecticidas (Strobane) 87.7%, entre otros productos empleados en las pruebas de laboratorio.

En otros estudios realizados por el BCF y coordinados por Butler, 1963, en el que se amplió el número de plaguicidas a probar sobre el fitoplancton, se encontraron decrementos en la productividad, para el caso de los insecticidas organoclorados de 28.5% (Lindano) a 94.4% (Kepone), en los organofosforados de 7.0% (Malatión) a 85.9% (Metil trithion) y entre los fungicidas de 31.9% (Phaltar) a 97% (Ferbam).

También el DDT en concentraciones de partes por billón reduce la fotosíntesis en cultivos de laboratorio, con 100 ppb disminuye la producción entre 50 y 90%.

Otro efecto de los plaguicidas se da en función de la acumulación en los organismos por medio de las

cadena alimenticias ("magnificación biológica"), al respecto se sabe de estudios realizados en 1957, en Clear Lake, California, USA, posteriores al rociado de DDT para el control de mosquito, los organismos microscópicos contenían 5 ppm de DDT y los peces alimentados con esos organismos contenían 2000 ppm, las aves buceadoras que se alimentaron con estos peces murieron en gran número, Eugenia Keller, "The DDT Story", en Calvin, (1972).

En particular, se conoce que el DDT produce alteraciones en el metabolismo de tres especies que forman parte del plancton, en Dunaliella tertiolecta incrementa el contenido de carbono, en Skeletonema costatum produce disminución del contenido protéico y en Clamydomonas sp. aunque no presenta pérdida del contenido protéico, en el medio se apreció un mayor contenido de nitrógeno orgánico, lo cual sugiere que el mecanismo de excreción de proteína estuvo presente y fue compensada la formación de proteína captando nitrógeno inorgánico, Martínez, 1982.

A nivel de las comunidades del plancton el efecto de los plaguicidas puede propiciar el desarrollo de algunas poblaciones, ante la ausencia de competencia de otras afectadas por los plaguicidas, resultando en un

desequilibrio ecológico.

### 1.2.2 Invertebrados

En virtud de la gran diversidad de grupos zoológicos que habitan en el medio acuático así como a sus hábitos y ciclo de vida, entre otros aspectos, y a la forma en que están en contacto con los plaguicidas, los efectos que pueden sufrir son muy variados entre estos, a nivel de los organismos, están: muerte directa por exposición al agua contaminada, pérdida en la coordinación, parálisis temporal, incremento en la irritabilidad, alteraciones en la conducta, pérdida de la fertilidad, alteración en el patrón reproductivo, retraso en el crecimiento, alteración del metabolismo energético, acumulación de residuos tóxicos y desarrollo de resistencia o tolerancia a tóxicos.

A nivel de las comunidades afecta la abundancia de especies, la diversidad y productividad, lo que redundará en alteraciones a la estabilidad de las comunidades y de las cadenas tróficas.

Es importante señalar que los efectos son producto del tipo de plaguicida, su concentración en el agua, el

tiempo de exposición, el estado de desarrollo de los organismos y las condiciones del medio que influyen sobre las características químicas del tóxico, como temperatura, pH y salinidad entre otros.

Existe una gran cantidad de estudios que dan cuenta de investigaciones de campo y en laboratorio, todas ellas con el fin de proporcionar información sobre el efecto de plaguicidas en los organismos acuáticos, por lo que se presentarán en seguida, sólo, algunos ejemplos.

#### **Moluscos: Ostiones y Mejillones**

En los moluscos, la información disponible sobre estudios toxicológicos desarrollados están referidos a Crassostrea virginica, C. gigas, Venerupis japonica y Mercenaria mercenaria.

Con relación a las larvas de ostión, Crassostrea sp., se ha observado que 0.05 ppm de DDT ocasionan 90% de mortalidad e impiden el crecimiento de los sobrevivientes; también se sabe que dosis de 0.025 ppm impiden el crecimiento, Loosanoff, (1960).

Se ha observado que cuando el DDT, Lindano, Sevin y Dieldrín son utilizados en cultivos de ostión, con el propósito de evitar la competencia con lapas, mejora la producción de ostras por la ausencia de competencia, Waugh y Ansell, (1956).

El DDT y Lindano interfieren con el metabolismo de la glucosa de la almeja Mercenaria mercenaria, Engel, et al, (1970).

Butler y colaboradores, (1963), al realizar bioensayos con Crassostrea virginica y C. gigas, utilizando diversos plaguicidas y una exposición de 96 horas establecieron la Concentración Efectiva Media; en el caso de fungicidas fue para Chemargo 4497 0.24 ppm, en defoliantes (DEF) 0.38 ppm, herbicidas (Dactal) 0.25 ppm, insecticidas: Aldrín 0.055 ppm, Dieldrín 0.034 ppm, Baytex 0.58 ppm y Etión 0.07 ppm, entre otros. La  $EC_{50}$  corresponde al criterio decremento en el crecimiento de la concha.

En ese mismo sentido, otros estudios realizados por el mismo grupo de trabajo anterior, muestran que el decremento en el crecimiento de la concha de Crassostrea virginica a 96 horas de exposición es producido por plaguicidas como BHC 0.36 ppm o DDT y

Clordano 0.0077 ppm entre los insecticidas organoclorados, mientras que en los organofosforados la mayoría a 1.0 ppm no afectan el crecimiento de la concha, como es el caso del DDVP, Diazinón y Malatión.

### Crustáceos

Edwards, 1973, menciona que los pequeños crustáceos son los más susceptibles a los insecticidas organoclorados, concentraciones de DDT del orden de 1.0 ppm logran matarlos; Anderson, (1945); Grosch, (1967); Navqi y Ferguson, (1970); Nimo, et al, (1970) y Sanders y Cope, (1966) encontraron que en exposiciones de DDT y compuestos similares en concentraciones entre 0.1 y 10 ppm frecuentemente mueren los pequeños crustáceos.

Ferguson en 1967, encontró por vía experimental que camarones adultos de agua dulce, pueden ser resistentes a algunos plaguicidas después de estar continuamente expuestos a los residuos.

Los crustáceos de tallas grandes son más tolerantes al DDT, en su caso, el camarón azul muere en pocos días de exposición con 0.5 ppm, Lowe, 1965.

De un estudio comparativo de insecticidas Lowe, 1964, observó que Baytex es más tóxico que el Malatión, para los camarones adultos expuestos durante 48 horas a concentraciones de 0.001 ppm, en su caso el DDT causó el 50% de mortalidad.

Lowe, Wilson y Davison, (1970), estudiando juveniles del camarón Penaeus sp. encontraron efectos importantes de insecticidas y fungicidas como Dusban y Abate 4-E.

Por otra parte, reportes del BCF, (1963), en el que se exponen los resultados de pruebas de toxicidad aguda llevadas a 24 y 48 horas de exposición con adultos de Penaeus aztecus, P. duorarum y P. setiferus, señalan la Concentración Efectiva Media para diversos tipos de plaguicidas, de esos resultados se presentan, a manera de ejemplo, algunos de ellos: la  $EC_{50}$  (ppm) a 24 y 48 hs. con Telodrin fue de 0.00033 y 0.00007 respectivamente; con Paratión la  $EC_{50}$  (ppm) a 24 y 48 hs. fue de 0.0055 y 0.001 respectivamente; con DDVP (1) la  $EC_{50}$  a 24 y 48 hs. fue 0.055 y 0.001; con el fungicida Chemagro la  $EC_{50}$  (ppm) a 24 y 48 hs. fue 0.55 y 0.44.

(1)= Penaeus duorarum, los demás datos corresponden a P. aztecus.



Otros estudios desarrollados por el BCF, (1963), con Penaeus duorarum, P. aztecus y Callinectes sapidus, con diferentes tipos de plaguicidas a 24 y 48 horas de exposición indican que la EC<sub>50</sub> para P. duorarum con Aldrin y Malatión a 24 horas de exposición es de 0.0006 y 0.82 ppm respectivamente. Para P. aztecus a 24 horas de exposición al Clordano, Dieldrin y Diazinón, presenta las siguientes EC<sub>50</sub> 0.0064, 0.025 y 0.044 ppm respectivamente. Por lo que se refiere a Callinectes sapidus la EC<sub>50</sub> a 24 horas de exposición con Aldrin, Clordano y Dieldrin son 0.05, 0.82 y 0.55 ppm respectivamente.

Menzel, et al., citado por Martínez, (1982), mencionan que el desarrollo de los Copépodos Calanoides es inhibido cuando hembras adultas grávidas son expuestas a 10 ppm de DDT en agua de mar. Por otra parte Grosch, (1967), informa que el DDT afecta el patrón reproductivo de Artemia salina, por medio de efectos debilitantes en la hembra adulta.

Con relación a la alteración del metabolismo energético, Cesta, (1970), observó una tasa de incremento en el corazón de Cordina prista, un camarón de agua dulce, como respuesta a la acción de varios

insecticidas organoclorados.

Los Ostrácodos por su mecanismo de alimentación, por filtración, pueden captar partículas de plaguicidas asociadas con materia en suspensión de 0.5 a 2.0 micras de diámetro, al momento de ingerir su alimento, Keith y Hunt, 1966.

## Insectos

Los insectos acuáticos son también muy sensibles a los residuos de varios plaguicidas, en el intervalo de 0.001 ppm (Jensen y Gauffin, 1964). Experimentos realizados por Macek y Sanders, (1970) y Richards y Outkomp, (1946), sugieren que los insectos pueden ser un poco más resistentes a los plaguicidas que los crustáceos.

Hilsenhoff, (1977), citado por Lehmkuhl, (1979), indica los índices bióticos para diferentes grupos de insectos acuáticos, con base a la calidad del agua, entre los ordenes, familias y generos citados destacan por su tolerancia al agua contaminada los siguientes grupos: Chironomidae: Chironomus sp. (5); Diptera: Empididae y Ephydridae (4); Trichoptera:

Hydropsychidae: Cheumatopsyche y Polycentropodidae: Neuroclipsis (4); Ephemeroptera: Caenidae: Caenis sp. (4) y Odonata: Lestidae y Coenagrionidae (3). El número entre paréntesis indica la calidad del agua, como sigue: de 3 a 3.75 pobre, con alteración significativa y arriba de 3.75 pobre, muy alterada.

El efecto de los plaguicidas sobre las poblaciones ha sido también estudiado, los cambios en la composición de las comunidades y las poblaciones redundan en decrementos en la abundancia, diversidad y productividad, Harrington y Bidlingmayer, (1958); Hasstings, et al, (1961) y Hopkins, et al, (1966).

Nicholson, et al, (1962), observaron alteraciones en las cadenas alimenticias cuando peces Lepomis macrochirus cambiaron su alimentación básica, consistente en insectos acuáticos, a crustáceos del plancton, cuando los insectos fueron contaminados por Paratión.

### 1.2.3 Otros Invertebrados

De otros grupos de invertebrados se sabe, de manera general, que la mayoría son susceptibles a la

toxicidad de los plaguicidas en diverso grado, con excepción de los Celenterados, otros Phyla de invertebrados acuáticos parecen más resistentes a los plaguicidas que los artrópodos, Richards y Cutkomp, (1946).

Entre los Anélidos Tubifex sp. presenta una tolerancia relativa a varios plaguicidas, de ahí su utilidad como indicador biológico de aguas contaminadas, Warren, (1971) y Whitten y Goodnight, (1966).

#### 1.2.4 Peces

De los vertebrados, los peces son, tal vez, los más sensibles a una amplia gama de plaguicidas. La mayoría de la información escrita sobre contaminación del medio acuático y los resultados de pruebas toxicológicas agudas y subagudas hacen referencia a los peces, tanto a nivel de los organismos como de sus comunidades.

Los efectos por plaguicidas que han sido observados en los peces son muy diversos, dependen directamente del tipo de plaguicida, su comportamiento

en el medio acuático, bajo las características físico-químicas del cuerpo de agua; la talla, peso y estado de desarrollo del pez. Sin embargo cabe aclarar que, según Cox, (1971), citado por Edwards, (1973), la entrada del plaguicida al organismo ocurre por medio de difusión, por lo que las branquias resultan la mejor ruta de entrada a los tejidos, de tal manera que las concentraciones en el pez son independientes de su tamaño.

Se sabe que los principales efectos de los plaguicidas son: muerte directa por exposición al plaguicida, muerte indirecta por inanición por destrucción de organismos que le sirven de alimento; alteración del crecimiento, la reproducción y la conducta; afección del sistema nervioso central, propiciando pérdida del equilibrio, letargo, alteración del ritmo respiratorio; las exposiciones crónicas reducen la acumulación de residuos en grasas, daños al hígado, riñones, lesiones en las branquias, pérdida de apetito, crecimiento restringido, baja resistencia a enfermedades, cambios en la composición de la sangre, modificación en el metabolismo de sales, inactivación de la colinesterasa e incremento en el consumo de oxígeno entre otros, Martínez, (1982).

En las cadenas alimentarias los peces pueden ocupar un primer o segundo lugar entre los consumidores, así por medio de la relación trófica acumulan residuos de plaguicidas en su organismo. Reinert, (1967), estudió el insecticida Dieldrin en una cadena alimenticia simple, que involucraba a Daphnia sp. y peces, al ser ingeridas las dafnias, contaminadas con Dieldrin, los peces acumularon el 10% de insecticida en su cuerpo.

La acumulación de Dieldrin también ha sido demostrada por Chadwick y Bracksen, (1969), en Cottus perplexus a partir de su alimento Tubifex sp. y Chironomus; determinaron que el 16% de Dieldrin acumulado en el pez provenía del alimento contaminado y que el porcentaje restante más bien se incorporó directamente del medio acuático contaminado.

Se ha observado que los peces pueden desarrollar resistencia a los insecticidas organoclorados y contener altas concentraciones en sus tejidos, sin que algún efecto sea visible.

Ferguson, et al, (1966), encontraron en los tejidos de Gambusia affinis concentraciones de 214 ppm de Endrin y Hunt y Bishoff, (1960), reportan para

Ictalurus nebulosus del Clear Lake, California, USA, 2500 ppm de DDT en sus tejidos.

A pesar de que los mecanismos fisiológicos de resistencia no han sido plenamente identificados; Edwards, (1973), sugiere que pueden estar involucrados cambios en la permeabilidad en los sitios de acción o en la superficie respiratoria, incremento en contenido de grasa, cambios en la excreción, sistemas enzimáticos detoxificadores o cambios en los patrones metabólicos.

Diversos plaguicidas pueden alcanzar en el medio acuático concentraciones muy tóxicas para los peces, en el caso de los insecticidas están Aldrin, Dieldrin y DDT, entre los herbicidas el Pentaclorofenol y el fungicida Oxicloruro de cobre, todos ellos por su empleo en prácticas de control de plagas y enfermedades en o cerca de los cuerpos de agua.

Así Strobbe, (1973), menciona que en el río Miramichi, en New Brunswick, Canadá, se observaron muertes de salmones juveniles por la aplicación de DDT para el control del gusano del abeto. En Maime, British Columbia y Montana, se registraron efectos letales del DDT en Gatestomus commersoni, Phoxinus aphya y Eucalia inconstans, como consecuencia del rociado de los

bosques.

En Clear Lake, California, USA, en el control de plagas de mosquitos fue utilizado el Dicloro, Difenil, Dicloroetano (DDD), varias especies de peces acumularon entre 40 y 2500 ppm, Faust, citado por Strobbe, (1973).

En un reporte de la Secretary Commission on Pesticides and Their Relationship Environmental Health, 1969, se habla de la pérdida de poblaciones naturales (un millón de peces de 30 especies diferentes) en un pantano de Florida, USA, en el que se aplicó Dieldrin para el control del mosco de la arena.

Se ha observado mortalidad de peces en 15 corrientes tributarias del río Tennessee en Alabama, USA, región en la que fue utilizado Toxafeno, Hexacloruro de Benceno (BHC), DDT y Aldrin en las plantaciones de algodón, Strobbe, (1973).

En particular para el DDT, se conoce que inhibe la reproducción de la trucha, Salmo sp. Estudios realizados en el lago George, USA y en otros lagos cercanos, todos ellos contaminados, permitieron observar que a pesar de que los huevos contenían relativamente pequeñas cantidades de DDT, 3 ppm, los



alevines recién nacidos murieron durante el tiempo de la absorción final del saco vitelino (Secretary Commission on Pesticides and Their Relationship Environmental Health, 1969).

Por otra parte, para evaluar la toxicidad de los plaguicidas se han llevado a cabo pruebas de laboratorio, de toxicidad aguda o subaguda, a diferentes tiempos de exposición y diversas concentraciones. Para el caso, la American Public Health Association, (APHA) (1976), ha indicado las familias y especies de peces con las cuales deben realizarse las pruebas, cabe mencionar que en este grupo de vertebrados es en el que mayor experiencia se tiene en el campo de los bioensayos, ya que han sido ampliamente usados.

Entre los diversos estudios desarrollados se encuentran los realizados por Butler y colaboradores, (1963), la investigación incluyó 42 tipos de plaguicidas, juveniles de cuatro especies de peces: Cyprinodon variegatus, Leiostomus xanthurus, Mugil cephalus y Fundulus similis y tiempos de exposición a 24 y 48 horas; no todos los plaguicidas fueron probados en las cuatro especies. En la tabla 1 se muestra la LD<sub>50</sub> encontrada en algunos casos.

Tabla 1. Concentración de plaguicida que causa el 50% de mortalidad en estadios juveniles de peces a 24 y 48 horas de exposición.

Tipo de plaguicida	Especie	LD <sub>50</sub> ppm 24 horas	LD <sub>50</sub> ppm 48 horas
Fungicida:Dyrene	2	-----	0.0085
Herbicida:Dacthal	1	cercano a 1.0	cercano a 1.0
Insecticida:Aldrin	2	0.0082	0.0055
DDT	1	-----	0.005
Dieldrin	2	0.0055	0.0055
Malatión	2	0.55	0.55
Bildrin	4	cercano a 1.0	cercano a 1.0
Bayer38156	3	0.010	0.0067

1= Cyprinodon variegatus, 2= Leiostomus xanthurus  
3= Mugil cephalus y 4= Fundulus similis.

### 1.3 DDVP: 2,2 DICLOROVINIL, DIMETIL, FOSFATO

Es un insecticida organofosforado cuyo nombre químico es 2,2 Diclorovinil, Dimetil, Fosfato y está registrado comercialmente bajo los nombre de Vapona, DDVP o Diclorvos; el nombre común aceptado por las sociedades de entomología para uso en sus escritos es Diclorvos.

La fórmula empírica es  $C_4 H_7 O_4 Cl_2 P$ , su peso molecular 220.99 y su fórmula estructural se muestra en la figura 1.

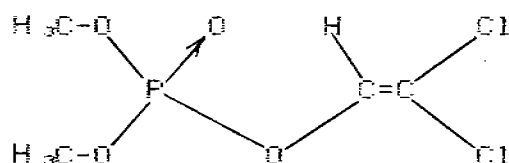


Figura 1. Fórmula estructural del 2,2 Diclorovinil, Dimetil, Fosfato.

La presentación comercial del insecticida, conocida como Vapona, contiene no menos del 93% de DDVP.

La Vapona fue preparada por primera vez por Whetstone y Harman, esta y un número de compuestos afines fueron registrados en USA con la patente 2 956,073 asignada a la Shell Oil Company. Se mencionó por primera vez en la literatura cuando Perkow en 1954 reportó su preparación. Fue descubierta por medio de su acción fumigante como una impureza en Dipterex, y posteriormente fue preparada a partir de éste por deshidrohalogenación, por Mattson y colaboradores en el Communicable Disease Center of the US, Department of

Health, Education and Welfare (Mattson, et al, 1955).

### Propiedades Físicas

Entre las propiedades físicas del insecticida destaca su alta volatilidad, en la tabla 2 se presentan su propiedades físicas.

Tabla 2. Propiedades físicas del DDVP.

Estado físico a 77o F	Líquido
Color	Incoloro a ámbar
Peso específico a 60/60o F	1.44
Presión de vapor, mm Hg a 90o F	0.032
Presión de vapor, mm Hg a 140o F	0.296
Punto de ebullición a 1 mm Hg	170o F
Coefficiente de expansión, por oF	0.00075
Índice de refracción n <sub>D</sub> 25	1.452
Densidad libras por galón a 68o F	11.9

Solubilidad: Completamente miscible con solventes de hidrocarburos aromáticos, clorinados, alcoholes y Propellant 11. Moderadamente soluble en petróleo, hidrocarburos isoparafínicos y petróleo mineral. Ligeramente soluble en agua, 1% aproximadamente, glicerina y Propellant 12.

### Propiedades Químicas

#### a) Método de Síntesis.

El DDVP se obtiene por síntesis, a partir de la reacción del Cloral y del Trimetilfosfito, como se

indica en la figura 2.

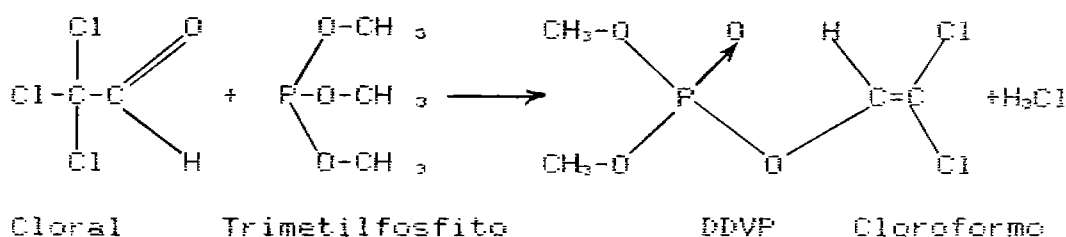


Figura 2. Síntesis del DDVP a partir del cloral y trimetilfosfito.

#### b) Reacciones Químicas

El insecticida es estable al calor y puede destilarse a presiones por abajo de 1 mm Hg. Se descompone rápidamente sobre adsorbentes y materiales cromatográficos.

La tasa de hidrólisis en soluciones amortiguadoras de fosfato fue determinada por Metcalf y colaboradores en 1959, a 37.50 C, los valores observados fueron los siguientes:

pH	Vida media (minutos)
8	301
7	462
6	2100
5.4	4620

La hidrólisis en solución acuosa produce Dicloro Acetaldehído (DCA) y Dimetil Fosfato (DP), la reacción se presenta en la figura 3.

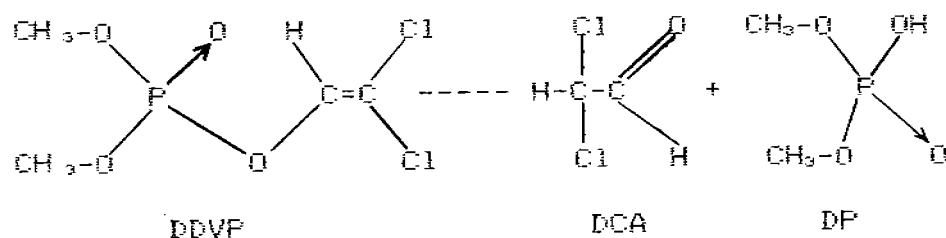


Figura 3. Hidrólisis del DDVP.

Reacciona rápidamente con Yoduro de potasio para dar la sal, Potasio 2,2 Diclorovinil, Metil, Fosfato. Los átomos de cloro son desplazados por mercáptidos como se muestra en la figura 4.

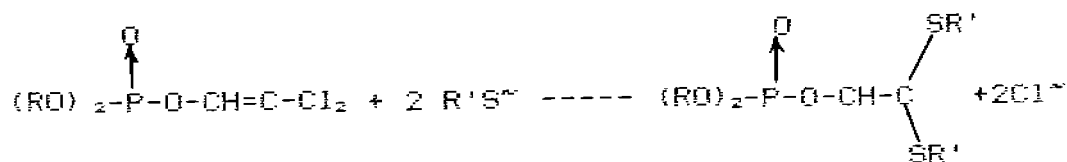


Figura 4. Reacción del DDVP con mercáptidos.

Un cloro del DDVP puede ser desplazado por reacción con Para-Nitrofenóxido de potasio para dar

Dimetil-2-cloro, 2 Para-Nitrofenoxivinil Fosfato.

### Comportamiento del DDVP en el Agua

Derivado de sus propiedades físicas y químicas, la tasa de degradación del insecticida depende de algunos factores como el pH y la temperatura.

Según Attfield y Webster, (1966), la tasa de hidrólisis es mayor en medio alcalino, menor en pH ácido y mucho menor en solución neutra.

La solubilidad en agua interesa por ser esta última, un componente de los ecosistemas acuáticos y el medio en que se desarrollan las pruebas de toxicidad. Cabe recordar que la solubilidad del DDVP en agua a 20°C es de 0.9%.

En condiciones de laboratorio, empleando el sistema estático de acuarios conteniendo soluciones de 10, 5 y 1 ppm de DDVP, y tomando muestras para su análisis en los intervalos de 1, 2, 3, 9 y 24 horas se ha determinado el comportamiento del insecticida en agua dulce purificada, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3 y la gráfica 1.

Tabla 3. Resultados del análisis de muestras de agua dulce purificada, con 1, 5 y 10 ppm de DDVP a 24 horas.

Horas	1 ppm	5 ppm	10 ppm
0	1	5	10.0
1	1	5.9	10.4
2	0.8	4.6	7.8
3	0.8	2.2	7.8
9	0.5	0.8	7.7
24	0.5	0.8	7.6

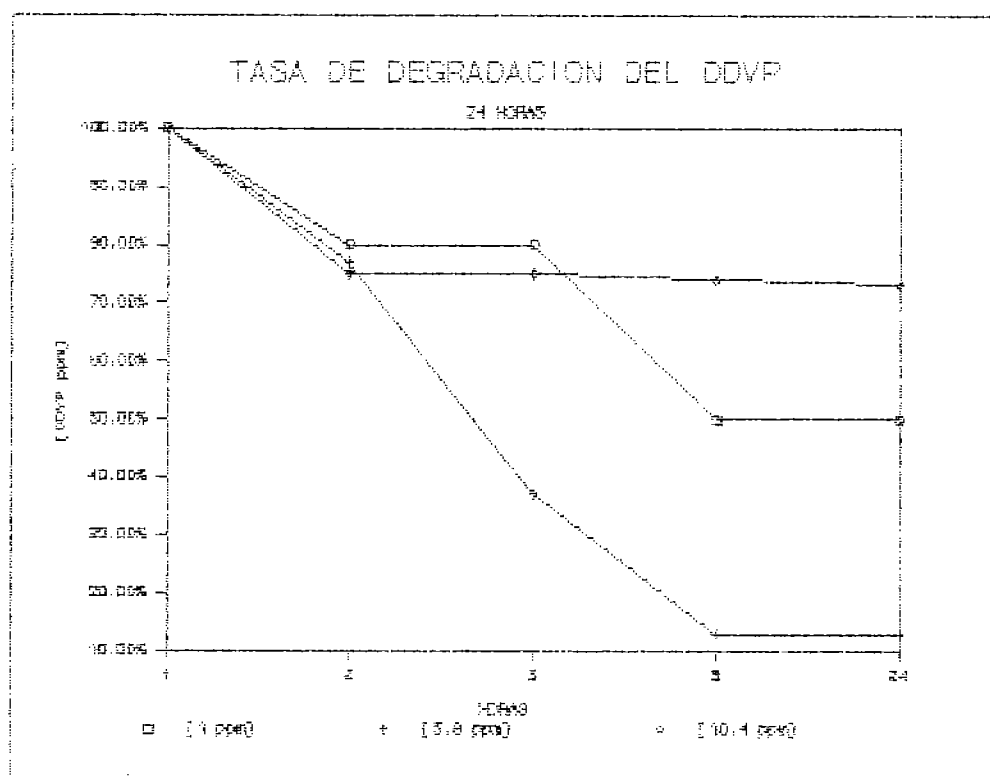


Figure 1. Degradación del DDVP en agua dulce purificada a 1, 2, 3, 9 y 24 horas.



Las curvas de degradación del DDVP obtenidas son semejantes a las encontradas en el comportamiento en el medio atmosférico.

### Comportamiento del DDVP en la Atmósfera

Al ser el DDVP un insecticida excepcionalmente volátil e hidrolizable, en presencia de agua en la atmósfera sus niveles de concentración decrecen rápidamente.

Esta situación fue demostrada por Durham, (1959), Hurst, (1964) y Hurt y Pharm, (1966), éstos últimos trataron con DDVP en aerosol algunos invernaderos para tabaco con y sin ventilación, encontrando que al aplicar tasas variables del insecticida entre 17.9 y 100 mg/m<sup>3</sup>, tanto en sitios cerrados como abiertos, los niveles de DDVP en la atmósfera decrecen rápidamente por debajo de 1 mg/m<sup>3</sup>. Ver tablas 4,5 y gráficas 2 y 3.

Tabla 4. Degradación del DDVP en un invernadero sin ventilación.

Horas	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	%
0	20.0	100.0	100.0	100.0
1	5.3	26.5	28.4	28.4
5	0.8	4.0	3.1	3.1
24	0.18	0.9	0.7	0.7
48	0.14	0.7	---	---
72	0.05	0.25	0.17	0.17

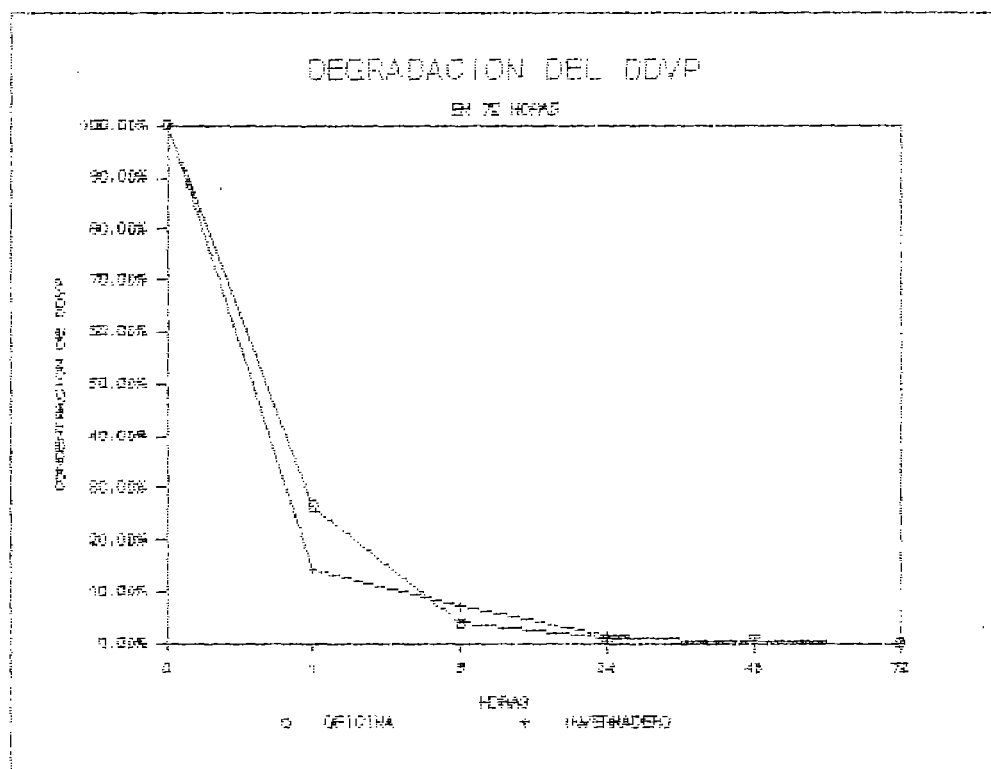


Figure 2. Degradación del DDVP en la atmósfera de invernaderos con y sin ventilación.

Tabla 5. Degradación del DDVP en un invernadero con ventilación.

Horas	mg/m <sup>3</sup>	%	mg/m <sup>3</sup>	%
0	17.9	100.0	35.7	100.0
1	2.6	14.5	3.0	8.40
5	1.3	7.25	1.5	4.2
24	0.27	1.5	0.13	0.36
48	0.05	0.2	0.13	0.36
72	0.03	0.1	0.06	0.1

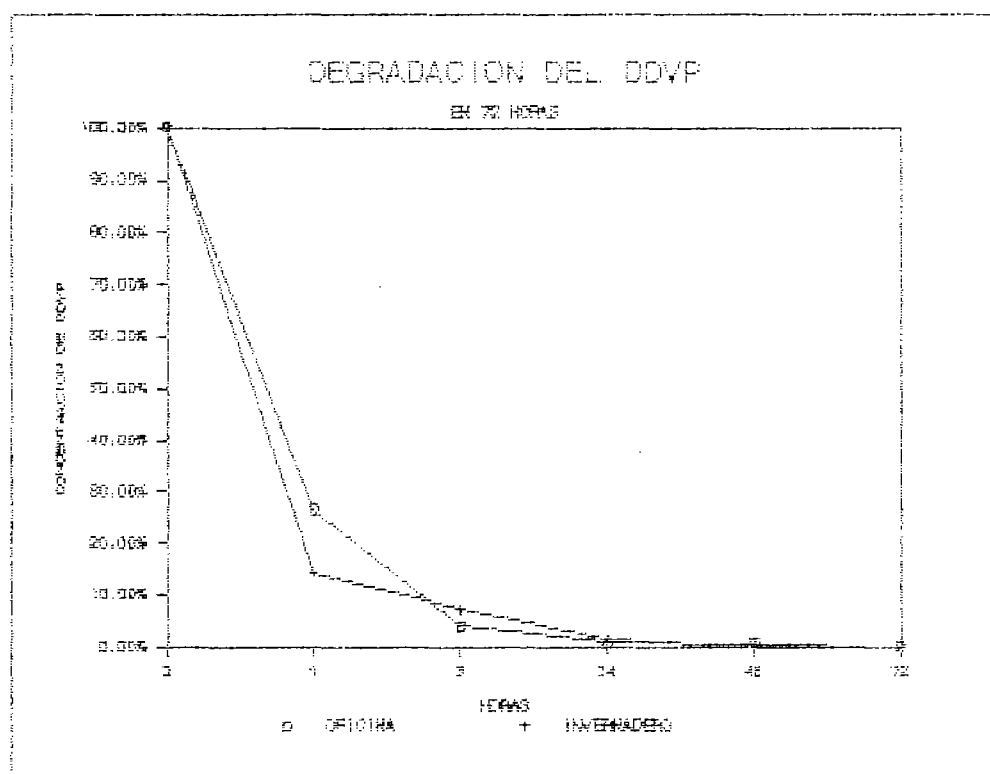


Figure 3. Degradación del DDVP en la atmósfera de invernaderos con y sin ventilación a 72 horas.

Los datos anteriores muestran que la volatilidad y la consecuente hidrólisis del DDVP en la atmósfera, hacen que su concentración en el aire disminuya rápidamente, tanto en el espacio abierto como en el cerrado, a las 72 horas se tiene menos del 1% de la concentración inicial.

Lo anterior indica el comportamiento del DDVP en la atmósfera, pero debe considerarse la influencia de la humedad relativa que en la medida que aumenta esta, también aumenta la degradación del insecticida. Se estima que cuando la humedad relativa del aire es 30%, el DDVP se hidroliza y su concentración y efectividad iniciales disminuyen hasta un 50% (Attfield y Webster, 1966).

### Propiedades Biológicas

El DDVP es un insecticida que se distingue por su alta volatilidad. Es un insecticida altamente tóxico para un amplio tipo de insectos, sin embargo al igual que otros insecticidas produce efectos sobre la biota acuática.

El DDVP es un veneno colinérgico cuyas vías de

entrada a los insectos son: cutánea (acción por contacto), traqueal (acción fumigante) y oral (por ingestión).

Al incorporarse el DDVP en el insecto se forma un complejo DDVP-colinesterasa que no es hidrolizado rápidamente, con lo cual se inhibe la acción de la colinesterasa sobre la acetilcolina, provoca un envenenamiento colinérgico, la intoxicación es irreversible y sobreviene la muerte.

Tanto las dosis agudas como subagudas o intermitentes causan la muerte, en éste último caso debido al efecto acumulativo del complejo DDVP-colinesterasa en el organismo. Es importante hacer notar que en dosis subagudas o crónicas, y aún en agudas de DDVP, los organismos expuestos y que no mueren logran recuperarse una vez que dejan de ser sometidos a la acción del insecticida.

### **Metabolismo**

El metabolismo del DDVP en mamíferos es el siguiente: el insecticida es rápidamente metabolizado en productos menos tóxicos como el Dicloro Acetaldehído

(DCA), que a su vez es también rápidamente metabolizado, el DCA es soluble en agua, altamente reactivo y con una alta presión de vapor, lo que impide que dicho producto persista como un compuesto residual en los animales o los vegetales.

Casida, (1962); Hodgson y Casida, (1962) y Smith y Williams (1954), mencionan como dos posibles metabolitos del DDVP al Dicloroetanol y al Acido Dicloroacético, los cuales son completamente excretados. El fósforo del DDVP y otros compuestos de esta clase posiblemente son incorporados al metabolismo animal, de tal manera que la parte fosforada de la molécula es rápidamente transformada en ortofosfato.

En la siguiente figura se representa el metabolismo del DDVP en mamíferos, explicado anteriormente.

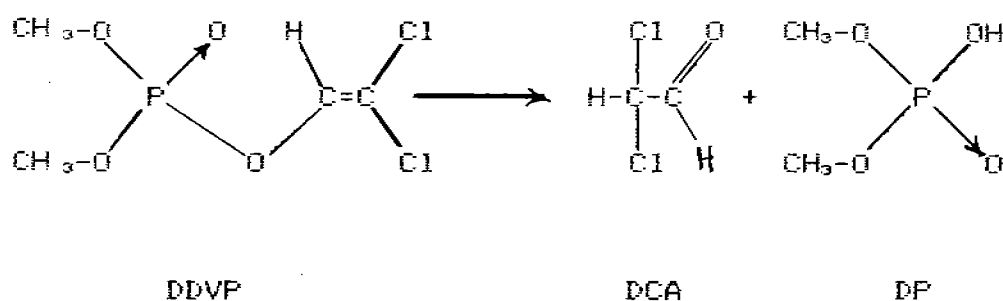


Figura 5. Metabolismo del DDVP en mamíferos.

En otros experimentos se ha encontrado que la vía de degradación o transformación del DDVP, en tejidos animales, puede ser como se señala en la figura 6.

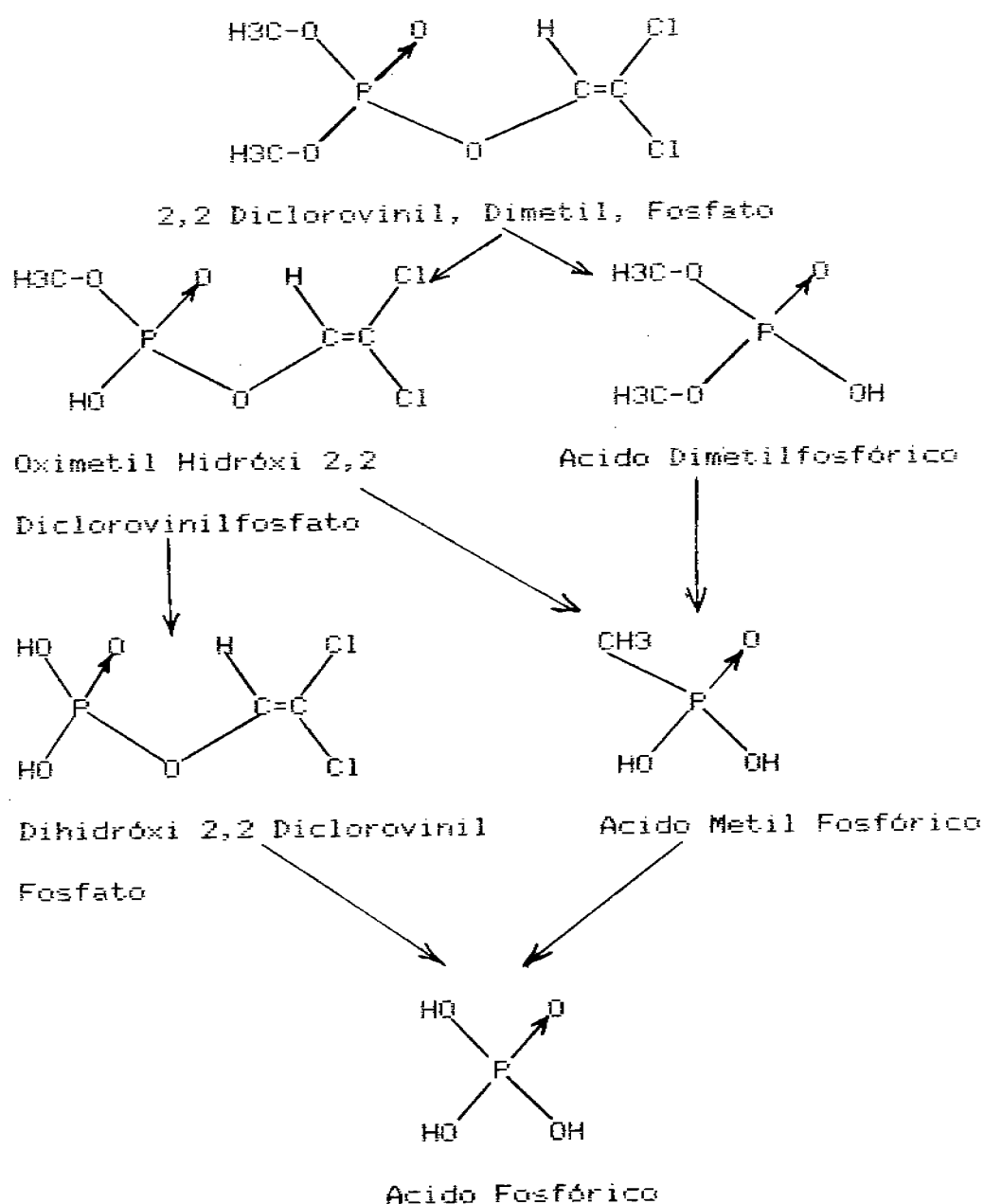


Figura 6. Degradación del DDVP en tejidos animales, según O'Brien, (1967).

## Toxicidad y efectos en los organismos

De acuerdo con lo reportado por Porter, (1963), la toxicidad para mamíferos es baja para un insecticida organofosforado. La  $LD_{50}$  oral aguda para ratas es de 56 a 80 mg/kg. La  $LD_{50}$  aguda dérmica para ratas es de 107 mg/kg. Niveles de dieta con el insecticida Vapona sobre 1000 ppm por 90 días no causan intoxicación en ratas, sin embargo, niveles de dieta tan bajos como 50 ppm producen niveles bajos de colinesterasa en plasma y eritrocitos. Se ha observado que en grupos de ratas expuestas por una hora a vapores de Vapona a una concentración de seis microgramos por litro de aire durante 14 días no producen mortalidad.

Monos y ratas expuestos continuamente por 24 horas en almacenes tratados con Vapona a una tasa de 2 miligramos por pie cúbico no muestran abatimiento de colinesterasa.

Por otra parte en 1959 el Bureau of Commercial Fisheries, USA, inició un programa de investigaciones acerca del efecto de diversos plaguicidas sobre la bióta acuática, incluyendo al DDVP para algunas especies.



En 1963, Butler y colaboradores dan a conocer los resultados de los diversos bioensayos realizados, y que estuvieron orientados a determinar, mediante dosis agudas, la LD<sub>50</sub> o en su caso la EC<sub>50</sub>. Particularmente para el caso del DDVP se estudió el fitoplancton, el camarón rosado, Penaeus duorarum, y varias especies de peces entre ellas Leiostomus xanthurus.

Para el primer caso se observó que con una concentración de 1.0 ppm de DDVP durante cuatro horas de exposición la productividad del fitoplancton no decrece, no así con otros insecticidas organofosforados como Bayer 37289 y Bayer 38156, en los que el decremento fue del 84.0% y 54.8% respectivamente.

Por lo que se refiere al camarón rosado se encontró que la EC<sub>50</sub> a las 24 y 48 horas de exposición fue de 0.055 y 0.044 ppm de DDVP respectivamente, el criterio adoptado para evaluar la EC fue la pérdida del equilibrio.

Para el caso de los peces, la EC<sub>50</sub> a 24 y 48 horas de exposición fue de 0.55 ppm de DDVP para ambos intervalos de tiempo, la especie utilizada fue Leiostomus xanthurus.

Otros estudios realizados por Butler y colaboradores, (1963), con ostras y mejillones, Crassostrea virginica, C. gigas y Mercenaria mercenaria, muestran que al ser expuestos durante 96 horas a una concentración de 1.0 ppm de DDVP no muestran decremento en el crecimiento de la concha, criterio para, en este caso, determinar la EC<sub>50</sub>.

Cope, 1963, en estudios realizados con peces, entre otras especies de organismos, encontró que la LD<sub>50</sub> para la trucha arcoiris, Salmo gairdneri, de talla entre dos y tres pulgadas, a 24 horas de exposición es de 500 microgramos por litro de DDVP.

#### Usos y aplicaciones

Es utilizado en la ganadería para el control de moscas del ganado productor de leche o carne, a saber: "mosca del cuerno" Haematobia irritans, "mosca de la cara" Musca autumnalis, "mosca de los establos" Stomoxys calcitrans y "mosca doméstica" Musca domestica.

Ha sido empleado en el Sistema Supresor del Adulto del Gusano Barrenador del Ganado, Cochliomyia

hominivorax, (SWASS), en concentraciones del 2% en tabletas que son dispersadas por medio de avionetas en áreas con problemas graves de control (aprobada por la EPA SLN No. tx-780056, para uso exclusivo en Texas, USA). También ha sido utilizado en México para el mismo fin.

Es aplicado en trampas para control de moscas y es de gran valor en la fumigación de almacenes y otros lugares cerrados. Los operadores de control de plagas lo han encontrado efectivo contra plagas domésticas.

Es particularmente eficiente contra insectos voladores tales como Musca domestica, Culex sp., Aedes, Anopheles y Psorophora. Pero también puede matar cochinillas, Oniscus asellus; cucarachas, Periplaneta americana; hormigas y pulgas, si llegan a estar en contacto con el insecticida.

No solamente controla por contacto, sino también volatiliza y su acción se dirige sobre otros insectos voladores localizados en grietas y hendiduras.

El DDVP puede ser administrado en diversas concentraciones y por diferentes medios, concentraciones del 0.5% de vapores son recomendados

para el control de plagas del ganado, arriba citadas, aplicando el insecticida por nebulizaciones o aerosol en gallineros, zahurdas, establos y corrales.

Concentraciones del 1% al 2% se aplican directamente bajo la forma de aerosol, sobre el ganado productor de carne o leche.

El volumen y concentración que se aplica está determinado por el área que, en su caso, se va a fumigar, así como por la periodicidad y el tipo de medio de dilución.

Las medidas de seguridad y cuidados durante su aplicación son muy estrictas y deben ser cuidadosamente observadas, en virtud de que el efecto inhibitorio de la colinesterasa también es efectivo para el hombre. El producto es tóxico para peces, pájaros y la vida silvestre, por lo que los desechos deben ser tratados con soluciones alcalinas y detergentes.

#### 1.4 BIOENSAYOS

La aplicación de bioensayos como elementos para determinar los mínimos requerimientos del medio en que

los organismos sobreviven (oxígeno disuelto, pH; temperatura, salinidad, etc.); evaluar la toxicidad de desechos industriales, agroindustriales y de otro tipo sobre la bióta o identificar la sensibilidad de los organismos a diferentes tipos de contaminantes, ha sido motivo de muy diversas investigaciones en las últimas dos décadas.

A partir de los años cuarenta, empezaron a desarrollarse ensayos biológicos con organismos acuáticos, cuyos principios metodológicos están basados en el marco teórico presentado por la toxicología tradicional, ya que como dice Brown, (1973), las pruebas de toxicidad o bioensayos fueron inicialmente realizadas con drogas, con el principal interés de determinar la potencia de un estímulo con base en el grado de respuesta de los organismos de prueba.

### Definición

De acuerdo con lo escrito por Sprague, (1973), en su trabajo "The ABC's of Pollutant Bioassay Using Fish" un bioensayo es una prueba en la que se determina la potencia o dosis de una substancia particular mediante la reacción causada en los organismos.

Según la American Public Health Association (APHA), (1976), los bioensayos son pruebas que se realizan con organismos en condiciones experimentales controladas, con el propósito de identificar o medir los efectos de una o más sustancias potencialmente tóxicas, solas o en combinación, determinándose así el nivel o cantidad máxima que pueden soportar aquellos en un tiempo definido.

Para Craddock, (1977), los bioensayos son estudios en que los organismos de prueba son sometidos a una serie de concentraciones de una sustancia o a un intervalo de condiciones físicas, por un tiempo determinado; y los efectos causados son comparados con un lote testigo, el que esta formado por individuos de la misma especie, bajo el mismo tratamiento excepto por la exposición al contaminante o condición de prueba.

#### **Términos de Uso Común en los Bioensayos**

Existen diferentes términos para referirse a la magnitud de respuesta obtenida en las poblaciones de organismos al ser sometidos a los bioensayos, siendo los más comunes : Concentración Letal (CL) o Dosis Letal (DL), Límite de Tolerancia (LT) y Concentración

Efectiva (CE).

Concentración Letal (CL) o Dosis Letal (DL).

Expresa la concentración de una sustancia, que causa efectos agudos, capaz de producir la muerte a toda o una parte de la población de los organismos de prueba dentro de un período definido de tiempo. Para referir los resultados se utiliza un subíndice, que indica el porcentaje de individuos que mueren a una concentración dada de la sustancia de prueba, por ejemplo: CL<sub>10</sub> o CL<sub>40</sub>.

En virtud de que el efecto del tóxico sobre los organismos depende de la concentración y el tiempo de exposición, el tiempo debe ser incluido al expresar el resultado, por ejemplo: CL<sub>40</sub> a 24 horas es la concentración a la cual una sustancia es letal para el 40% de la población a las 24 horas de exposición.

Límite de Tolerancia Media (LT<sub>50</sub>).

Se define como la concentración que afecta al 50% de la población, por lo que tiene, en ocasiones, el

mismo significado que la  $CL_{50}$ . Si se compara el LT con la CL fuera del intervalo del 50% se tiene que el  $LT_{10}$  es equivalente a la  $CL_{90}$  y el  $LT_{90}$  lo es a la  $CL_{10}$ .

#### Concentración Efectiva (CE).

Es utilizada cuando se definen otros criterios de respuesta diferentes a la mortalidad. La Concentración Efectiva Media ( $CE_m$ ) es la concentración que produce un efecto específico o respuesta, como pérdida del equilibrio, parálisis, desarrollo anormal o cualquier otro efecto subletal. La APHA, 1976, recomienda que siempre que se utilice el término CE debe especificarse claramente el efecto medido.

#### Efectos de las Substancias

Las diferentes sustancias y concentraciones pueden causar diversos efectos en los organismos de prueba, con el propósito de tener un lenguaje común, entre quienes realizan o diseñan bioensayos, se han establecido términos precisos para identificar cada uno de ellos, como se muestra en el cuadro siguiente.



Cuadro 4. Lista de términos empleados para identificar el efecto de las sustancias sobre los organismos de prueba.

Efecto	Descripción
Agudo	Es un estímulo de severidad suficiente para ocasionar una respuesta rápida, generalmente dentro de los cuatro días de exposición
Subagudo	Se define como un estímulo menos severo que el agudo y produce una respuesta en un periodo más largo
Crónico	Es un estímulo lento o continuo, sobre periodos de un décimo del ciclo de vida o más de una especie de prueba
Letal	Causa la muerte por acción directa
Subletal	Estímulo insuficiente para causar la muerte
Acumulativo	Es llevado a cabo por adiciones sucesivas o aumento de potencia

De estos efectos los más utilizados son los agudos, que son siempre letales, y los crónicos que pueden ser subletales o letales.

### Toxicidad

Para valorar la toxicidad de una sustancia y sus concentraciones se utilizan los conceptos CL o LD LT y CE, como elementos para interpretar el efecto de las sustancias sobre los organismos.

Cuando los bioensayos son diseñados para determinar la concentración de una sustancia la cual es capaz de matar al 50% de la población expuesta, el valor, es denominada Dosis Letal Media ( $LD_{50}$ ). Esta magnitud de respuesta es considerada crítica y tomada como criterio fundamental de toxicidad, representa un punto de referencia conveniente para expresar la toxicidad de una sustancia dada, para el organismo típicamente representativo de la población expuesta, Buikema, et al, (1982); USEPA, (1974) y Sprague, (1973). Al encontrar una  $LD_{50}$  de una sustancia para una o varias poblaciones, es un criterio formal que permite predecir daño o deterioro a la misma y al cuerpo de agua receptor, en su caso.

Por ejemplo, en el trabajo de Beynon y Cowell, (1974), sobre la toxicidad del petróleo y los dispersantes, la toxicidad se puede clasificar en: extremadamente tóxica  $CL_{50}$  menor a 100 ppm, tóxica  $CL_{50}$  entre 100 y 10, ppm, moderadamente tóxica  $CL_{50}$  entre 10, y 10, ppm y ligeramente tóxica  $CL_{50}$  mayor a 10, ppm.



CIUDAD UNIVERSITARIA

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
División de Estudios  
de Posgrado  
exp. núm. 55 /A.C.D.DEP.04

óf. núm. P- 1824

A LOS SEÑORES PROFESORES  
DRA. MARIA CRISTINA PEREZ-AMADOR BARRON  
DR. RAFAEL VILLALOBOS PIETRINI  
DRA. IRMA AURORA ROSAS PEREZ  
DRA. NORA ELIZABETH GALINDO MIRANDA  
DR. ALFONSO VAZQUEZ BOTELLO  
DRA. ANA LUISA ANAYA LANG (Suplente)  
DRA. SANDRA LUZ GOMEZ ARROYO (Suplente)  
P r e s e n t e

Comunico a ustedes que la Dirección de la Facultad, los ha designado miembros del Jurado para dictaminar si el trabajo que ha desarrollado como tesis el (a) M. en C. Raúl GARCIA ACOSTA

con  
el título "EVALUACION DE LA TOXICIDAD RELATIVA DEL DDVP  
(VAPONA), MEDIANTE BIOENSAYOS EN SIETE ESPECIES DE ORGA-  
NISMOS ACUATICOS"

tiene los méritos para obtener el grado de Doctor  
en Ciencias ( B i o l o g í a ).

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F. noviembre 14, 1990  
JEFE DE LA DIVISION

DR. JORGE SOBERON MAINERO

FACULTAD DE CIENCIAS



DIV. EST. POSGRADO

Jef/a/r'

## Tipos de Bioensayo

Existen diferentes tipos de bioensayo, los cuales permiten evaluar la toxicidad de una sustancia, en 1976 la APHA publicó "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" en el que se presenta una clasificación y descripción de los diferentes tipos de bioensayos, tomando como criterios la forma en la que se aplica la solución de prueba y por su duración, ver figura 7 y cuadros 5 y 6.

### POR LA FORMA DE APLICACION

ESTATICO

RENOVABLE

FLUJO CONTINUO

### POR SU DURACION

CORTO PLAZO

INTERMEDIO

LARGO PLAZO

PRUEBAS

PRUEBAS

EXPLORATORIAS

DEFINITIVAS

Figura 7. Tipos de bioensayo, según APHA, (1976).

Por otra parte, según Buikema, et al, (1982), para la evaluación tóxica de sustancias se sigue básicamente cuatro tipos de diseño que son : Estático, Estático con renovación, de Flujo Continuo e "In Situ". Su bioensayo estático con renovación corresponde al bioensayo renovable propuesto por APHA, ver cuadro 7.

Cuadro 5. Tipos de bioensayo, por la forma en que se aplica la solución de prueba, según APHA, (1976).

Tipo	Descripción y Comentarios
Estático	Los organismos permanecen en la misma solución durante el tiempo de prueba. Son empleados para evaluar los efectos del tóxico sobre el fitoplancton y zooplancton. Estas pruebas no son satisfactorias cuando se utilizan sustancias que presentan: elevada demanda de oxígeno, inestabilidad o volatilidad, de fácil degradación por hidrólisis o actividad bacteriana.
Renovable	Los organismos son transferidos a una solución de prueba recientemente preparada, en intervalos periódicos, generalmente cada 24 horas. Son usados con peces y macroinvertebrados. Si se utilizan organismos pequeños no es necesario renovar la solución de prueba antes de 96 horas, pero si existe demanda de oxígeno, es deseable renovar la solución cada 24 horas.
Flujo Continuo	A las cámaras de prueba se les introduce y extrae un volumen constante de la mezcla del agua de dilución y tóxico, obteniéndose así un flujo continuo. Comúnmente se renueva cinco veces al día la solución de prueba. No son satisfactorios en estudios con plancton, los organismos se perderían.

Cuadro 6. Tipos de bioensayo por su duración, según APHA, (1976).

Tipo	Descripción y Comentarios
Corto plazo	Su duración va de 8 a 96 horas y se lleva a cabo mediante pruebas exploratorias (8 a 24 hs.) y pruebas definitivas (24 a 96 hs.), las primeras pueden ser estáticas y las otras estáticas, renovables o de flujo continuo. Son útiles para establecer comparaciones entre contaminantes y ofrecen aplicaciones prácticas para la evaluación del impacto de una contaminación aguda. La toxicidad es evaluada por medio de la LD <sub>50</sub> .
Intermedio	Regularmente son de 15 a 90 días, sin embargo no existe una clara separación entre estos y los de corto y largo plazos esto está definido por la duración del ciclo de vida de los organismos de prueba. Estas pruebas pueden ser estáticas, renovables o de flujo continuo. Son empleadas con organismos que han sido obtenidos, en sus diferentes estadios, por colectas de campo. Son utilizadas para determinar como los efectos de diferentes tóxicos decrecen en el tiempo y como la curva de toxicidad se hace asintótica al eje "X" en el que se grafica el tiempo de exposición.
Largo Plazo	En este tipo de bioensayo se aplica el tóxico durante una parte o todo el ciclo de vida de la especie de prueba, se sugiere que deben ser continuados durante todo el ciclo de vida de los organismos e incluso más allá sobre las siguientes generaciones. Permite determinar la sensibilidad relativa de especies importantes, a los efectos subletales, establecer la influencia que ejercen diversas variables fisico-químicas en la toxicidad de las sustancias de prueba, entre otros. Los efectos crónicos o subletales se valoran en órganos tales como hígado, hepatopáncreas, sistema branquial, etc.

Cuadro 7. Tipos de bioensayo, según Buikema, et al, (1982).

Tipo	Descripción
Estático	Los organismos son expuestos a un mismo medio durante toda la prueba
Estático con renovación	La solución de prueba es cambiada por lo menos cada 24 horas
Flujo continuo	La solución de prueba es renovada continuamente
"In situ"	Se realizan en el lugar mismo donde se encuentran los organismos y el sitio de descarga, en su caso

La elección de algún procedimiento específico, está determinado por el tipo y las necesidades de la investigación, por los recursos técnicos y económicos disponibles, pero es conveniente enfatizar que el empleo de uno u otro sistema tiene lineamientos básicos, lo que le da validez a las pruebas y desde luego permite la comparación de resultados.

Tales requisitos han sido establecidos por metodologías estándares, entre las más importantes para pruebas de toxicidad y que fueron consideradas para el desarrollo de la presente investigación están: "Standard Methods for the Examination of Water and

Wastewater" (APHA, 1976); "Bio-assay for the Evaluation of Acute Toxicity on Industrial Wastes to Fish" (Doudoroff, et al, 1951); "Report on Fish Toxicity Testing Procedures" (EIFAC, 1975); "Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Aquatic Organisms" (Peltier, 1978); "Bioassay in Water Quality Analysis and Effluent Monitoring, Training Manual" (USEPA, 1974) y "The ABC's of Pollutant Bioassay Using Fish" (Sprague, 1973).

Entre los requisitos más relevantes, que deben cumplir el diseño y realización de los bioensayos, y que son considerados en mayor o menor grado por las metodologías citadas, están:

- Emplear una fuente de agua no contaminada y de aceptable calidad
- Diseñar un sistema experimental adecuado, construido con materiales no tóxicos
- Disponer de una fuente adecuada de organismos experimentales
- Considerar un período de aclimatación de las especies de prueba a las condiciones de laboratorio
- Incluir pruebas exploratorias y formales con los requerimientos necesarios, que permitan obtener en caso que existan, las respuestas necesarias para la determinación de las concentraciones letales medias de



las sustancias a probar.

Es conveniente señalar que con relación a la selección de los organismos experimentales se han planteado varios criterios, entre ellos los propuestos por APHA, 1976; Peltier, 1978; Sprague, 1973 y USEPA, 1974.

En esos criterios fundamentales se destaca para seleccionar la especie de prueba: su disponibilidad de una misma fuente y en todas las épocas del año, su importancia recreacional y económica, sensibilidad y fácil manejo en el laboratorio considerando su adaptabilidad y propensión a enfermedades. Sin embargo en la mayoría de los casos estos requisitos no son cubiertos en su totalidad por los organismos seleccionados, satisfacen algunos requisitos pero no otros.

Finalmente, cabe decir que en el desarrollo de las pruebas de toxicidad se han utilizado diferentes grupos de organismos como algas, plantas superiores, invertebrados y vertebrados, además de fitoplancton y zooplancton.

Entre los vertebrados son los peces en los que se

tiene mayor experiencia y conocimiento, debido a que han sido utilizados ampliamente en bioensayos, en particular la APHA, 1980, sugiere las siguientes familias y especies, que desde luego se localizan en México: Cupleidae: Dorosoma sp., Salmonidae: Salmo gairdnerii, Cyprinidae: Cyprinus carpio, Ictaluridae: Ictalurus melas, Poecilliidae: Poecillia reticulata y Centrarchidae: Lepomis macrochirus.

## CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se da cuenta de los materiales y métodos empleados en la realización de la presente investigación. Se ha estimado conveniente, para mayor comprensión de su lectura, exponer en apartados por separado cada uno de los elementos empleados.

De esta manera, se presenta en primer lugar las características referidas a las especies experimentales, haciendo énfasis en su ubicación taxonómica, los criterios de selección, las características morfométricas, obtención, transporte y en su caso aclimatación, para dar paso al medio de dilución, las características de aplicación del DDVP, así como la preparación de las diluciones y más tarde presentar los tipos de bioensayos utilizados y particularmente el diseño experimental empleado en cada caso.

Se hace referencia particularmente a las cámaras de prueba utilizadas en los bioensayos para cada especie, los tiempos de exposición y el tamaño de las poblaciones sometidas a los tratamientos en cada prueba.

Por otra parte es conveniente mencionar que la presente investigación se realizó en instalaciones de la Comisión México Americana para la Erradicación del Gusano Barrenador del Ganado, en Tampico, Tamps. En un laboratorio montado temporal y expresamente para realizar la evaluación del impacto ecológico del Sistema Supresor del Adulto del Gusano Barrenador del Ganado (SWASS), de donde se desprende el presente estudio.

## 2.1 ESPECIES EXPERIMENTALES

Las especies utilizadas en este estudio pertenecen a cuatro clases incluidas en tres Phyla, a saber: Mollusca, Arthropoda y Chordata, como sigue: Phylum Mollusca: Clase Pelecypoda, Phylum Arthropoda: Clases Crustacea e Insecta y Phylum Chordata: Clase Osteichthyes.

Particularmente las especies fueron: Phylum Mollusca: Crassostrea virginica; Phylum Arthropoda: Macrobrachium acanthurus, Culex sp. y Belostoma sp. y Phylum Chordata: Cichlasoma gadoyii, Tilapia sp. e Ictalurus punctatus.

## Ubicación Taxonómica

Las especies utilizadas en este estudio pertenecen a los siguientes grupos taxonómicos:

- a) Phylum Arthropoda  
 Clase Insecta  
 Orden Diptera  
 Suborden Nematocera  
 Familia Culicidae  
 Genero Culex Linnaeus, 1758
- b) Phylum Arthropoda  
 Clase Insecta  
 Orden Hemiptera  
 Familia Belostomatidae  
 Genero Belostoma Latreille, 1807
- c) Phylum Arthropoda  
 Clase Crustacea  
 Subclase Malacostraca  
 Superorden Eucarida  
 Orden Decapoda  
 Familia Palaemonidae  
 Genero Macrobrachium  
 Especie M. acanthurus Wiegmann, 1836
- d) Phylum Mollusca  
 Clase Pelecypoda  
 Subclase Lamellibranchia  
 Orden Anisomaria  
 Familia Ostreidae  
 Genero Crassostrea  
 Especie C. virginica (Gmelin, 1791)
- e) Phylum Chordata  
 Subphylum Vertebrata  
 Superclase Pisces  
 Clase Osteichthyes  
 Subclase Actinopterygii  
 Orden Perciformes  
 Familia Cichlidae  
 Genero Cichlasoma  
 Especie C. gadovii Regan,

- f) Phylum Chordata  
 Subphylum Vertebrata  
 Superclase Pisces  
 Clase Osteichthyes  
 Subclase Actinopterygii  
 Orden Perciformes  
 Familia Cichlidae  
 Genero Tilapia sp.
- g) Phylum Chordata  
 Subphylum Vertebrata  
 Clase Osteichthyes  
 Subclase Actinopterygii  
 Orden Siluriformes  
 Familia Ictaluridae  
 Genero Ictalurus  
 Especie I. punctatus Rafinesque,

### Criterios de Selección, Características Morfométricas, Obtención, Transporte y Aclimatación

Los criterios empleados para esta parte del trabajo se basaron en las normas y criterios establecidos por la APHA, 1976 y 1980 y la Environmental Protection Agency, 1974 y 1978. Los criterios particulares empleados para cada especie se presentan a continuación.

a) Culex sp. Fue seleccionada por ser una de las especies a la que expresamente está dirigida la acción

del insecticida; los ejemplares utilizados fueron estadios larvarios con talla entre 3 y 4 mm de longitud. Se colectaron en arroyos de la cuenca del río Carrizal, Tamps., en aguas transparentes y frías adheridos a las rocas del fondo, por razones de manejo se transportaron así con agua del medio en que fueron colectados. Los ejemplares se mantuvieron en los recipientes de colecta durante tres horas en reposo, antes de iniciar las pruebas.

b) Belostoma sp. Aunque esta especie no es blanco del insecticida, debido a su formulación, tiene efecto sobre este tipo de organismo y bajo éste criterio se seleccionó. Se emplearon ninfas y adultos con tallas entre 10 y 20 mm de longitud. Fueron colectados en charcos de aguas turbias estancadas, cerca de la población de Aldama, Tamps. Se transportaron y conservaron en agua del habitat en que fueron colectados. La aclimatación fue de la misma forma que en el caso anterior.

c) Macrobrachium acanthurus. El criterio de selección se basó en que estos organismos tienen importancia económica y son fuente nutricional y comercial. Se utilizaron ejemplares juveniles con tallas que oscilaron entre 1.5 y 5 cm. Fueron

colectados en el arroyo Las Lajas en Aldama, Tamps. y se transportaron al laboratorio en agua del mismo arroyo. Para su mantenimiento se les dejó por 12 horas en acuarios con aireación, antes de las pruebas.

d) Crassostrea virginica. Esta especie es de importancia comercial y económica, se cultiva en esteros y es motivo de programas de producción de dependencias oficiales, se seleccionó por que contribuye en forma importante en aspectos socioeconómicos en áreas costeras. Se utilizaron organismos juveniles de tallas entre 5 y 10 cm. Se obtuvieron en Tuxpan, Ver. y se transportaron en bolsas de plástico, que previamente fueron aereadas, conteniendo agua del medio en que se colectaron. Se les mantuvo en acuarios con aireación durante 48 horas antes de iniciar los bioensayos.

e) Cichlasoma gadovii. Esta especie fue seleccionada por su importancia económica, comercial y nutricional, además por ser considerada como una especie sensible a la contaminación química y su facilidad de manejo en condiciones de laboratorio. Se emplearon alevines de talla entre 3 y 5 cm de longitud. Se obtuvieron de un criadero en Tampico, Tamps. y fueron transportadas en bolsas de plástico con agua del



mismo tanque de crianza, inyectando oxígeno hasta que la bolsa quedó llena del gas y se amarró con ligas. Para su aclimatación los organismos fueron recibidos en acuarios con filtro y aireador y así permanecieron durante 12 horas previas al inicio de los experimentos.

f) Tilapia sp. Al igual que la especie anterior la selección, obtención y transporte correspondió a los mismos criterios. Los organismos empleados fueron alevines de tallas entre 3 y 5 cm y juveniles de 18 a 22 cm de longitud. Su aclimatación se produjo en acuarios con filtro y aireador por espacio de 20 horas.

g) Ictalurus punctatus. Los criterios de selección, la obtención y el transporte se efectuó de la misma manera que con los otros peces arriba mencionados. Por lo que se refiere a la talla de los organismos esta fue de entre 3 y 5 cm de longitud, todos fueron alevines y para su aclimatación se mantuvieron en acuarios con filtro y aireador por espacio de 20 horas, previas al inicio de las pruebas.

## 2.2 AGUA DE DILUCION

El agua empleada para diluir el DDVP varió según

la especie utilizada como sigue:

Culex sp., se empleó el agua del mismo sitio de la colecta; Belostoma sp., se utilizó la misma agua del medio donde fueron colectados los organismos; Macrobrachium acanthurus, el agua del arroyo donde se colectaron los organismos fue la empleada para la dilución del insecticida; Crassostrea virginica, el medio de dilución para el DDVP fue el agua del sitio donde se colectaron los ejemplares; Cichlasoma gadovii, Tilapia sp. e Ictalurus punctatus el agua utilizada para estas especies fue agua dulce, del tipo purificada, de una casa comercial, agua que previamente fue aireada para usarla en los bioensayos. .

## 2.3 DDVP

### Diluciones

Para la preparación de las dosis de insecticida se tomó en consideración: la cantidad necesaria de DDVP técnico y el volumen del agua en que iba a ser disuelto para tener las concentraciones requeridas para cada una de las pruebas. Así las concentraciones se obtuvieron bajo el siguiente esquema: 1 mg/1 l = 1 ppm, ejemplo:  
100 mg DDVP/100 l = 1 ppm DDVP.

## Aplicaciones

La aplicación de las dosis del insecticida se hizo por medio de pipetas, agregando el DDVP directamente al medio acuoso de las cámaras de prueba dispersándolo sobre su superficie.

## 2.4 BIOENSAYOS UTILIZADOS

Los bioensayos utilizados en la presente investigación, de acuerdo a la clasificación establecida por la APHA, 1976, corresponden, por la forma en que se aplicó la solución de prueba, a los tipos estático y con reposición y por su duración a los bioensayos de corto plazo, los que incluyeron pruebas exploratorias y definitivas.

Los tipos de bioensayo a que fueron sometidas las diferentes especies experimentales se muestran en seguida y se ilustran en el cuadro 8.

- a) Culex sp. bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratoria y definitiva.
- b) Belostoma sp. bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratoria y definitiva.

c) Macrobrachium acanthurus bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratoria y definitiva y bioensayo estático con reposición y corto plazo.

d) Crassostrea virginica bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratoria y definitiva y bioensayo estático con reposición y corto plazo.

e) Cichlasoma gadovii bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratorias y definitiva.

f) Tilapia sp. bioensayo estático, corto plazo, con prueba definitiva y bioensayo estático con reposición y corto plazo.

g) Ictalurus punctatus bioensayo estático, corto plazo, con pruebas exploratoria y definitiva.

Cuadro 8. Tipos de bioensayo aplicados según especie.

Especie	Tipo de Bioensayo				
	1	2	3	4	5
<u>Culex sp.</u>	X		X	X	X
<u>Belostoma sp.</u>	X		X	X	X
<u>Macrobrachium acanthurus</u>	X	X	X	X	X
<u>Crassostrea virginica</u>	X	X	X	X	X
<u>Cichlasoma gadovii</u>	X		X	X	X
<u>Tilapia sp.</u>	X	X	X		X
<u>Ictalurus punctatus</u>	X		X	X	X

1= Estático, 2= Estático con reposición, 3= Corto plazo, 4= Prueba exploratoria y 5= Prueba definitiva.

### Bioensayo Estático

En este tipo de bioensayo los organismos fueron expuestos a un mismo medio, durante toda la prueba, la dosis inicial aplicada no fue cambiada.

El sistema estático se logró, de manera general, manteniendo tapadas las cámaras de prueba con una cubierta de vidrio, sellada con cinta adhesiva, sin filtro, aereador y sin alimento.

### Bioensayo Estático con Reposición

Con el fin de mantener una concentración sostenida, de insecticida en las cámaras de prueba, durante todo el tiempo de exposición, se emplearon bioensayos estáticos con reposición, cabe mencionar que esto fue sólo para algunas especies.

La cantidad de DDVP que se repuso y el periodo de tiempo en que se realizó fueron específicos para cada caso.

El criterio que permitió establecer la cantidad de

insecticida a reponer, se orientó por los datos conocidos de la degradación del DDVP en agua dulce purificada en diferentes intervalos de tiempo.

El sistema estático se implementó de la misma forma que en el punto arriba tratado.

### **Pruebas Exploratorias**

Este tipo de pruebas, para todos los casos estudiados, fueron empleadas para obtener un intervalo de concentraciones de DDVP, que posteriormente se utilizaron para desarrollar las pruebas definitivas.

El tiempo de exposición y los tratamientos variaron dependiendo de cada caso particular.

### **Pruebas Definitivas**

En estas pruebas, que se aplicaron en todos los organismos experimentales, se obtuvo, si se presentó, la toxicidad aguda para concentraciones de DDVP, expresada como LD<sub>50</sub>.

Tanto la duración como las concentraciones, utilizadas en las pruebas, fueron específicas para cada una de ellas.

En los cuadros 9 a 25 se presenta para cada una de las especies estudiadas los tratamientos a que fueron sometidas, indicando la dosis de DDVP utilizada, el número de cámaras de prueba, el número de organismos y el tiempo de exposición, antecediendo a esta información una breve descripción.

a) Culex sp. Para el bioensayo estático, de corto plazo y prueba exploratoria se dispuso de 140 individuos, 7 frascos de vidrio de 2 litros de volumen y agua del sitio de colecta, los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

Cuadro 9. Tratamiento prueba exploratoria  
Culex sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de frascos	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0.0	1	20	3
0.01	1	20	3
0.03	1	20	3
0.06	1	20	3
0.09	1	20	3
0.1	1	20	3
0.2	1	20	3

Para la prueba definitiva del bioensayo de corto plazo, estático, se dispuso de 877 individuos, 19 frascos de vidrio de 2 litros de capacidad y agua del hábitat donde se colectaron los organismos, los tratamientos se indican en seguida.

Cuadro 10. Tratamiento prueba definitiva  
Culex sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de frascos	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0.0	1	50	20
0.03	3	169	20
0.05	3	150	20
0.07	3	185	20
0.09	3	84	20
0.1	3	80	20
0.15	3	159	20

b) Belostoma sp. En este caso, para la prueba exploratoria del bioensayo se contó con una población de 140 individuos, 7 frascos de vidrio con volumen de 2 litros y agua del hábitat de donde se capturaron los ejemplares, los tratamientos se presentan a continuación.



Cuadro 11. Tratamiento prueba exploratoria  
Belostoma sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de frascos	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0.0	1	20	3
0.01	1	20	3
0.03	1	20	3
0.06	1	20	3
0.09	1	20	3
0.1	1	20	3
0.2	1	20	3

Para la prueba definitiva se emplearon 190 individuos, 19 frascos y la correspondiente agua del hábitat de los organismos, los tratamientos establecidos fueron:

Cuadro 12. Tratamiento prueba definitiva  
Belostoma sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de frascos	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0.0	1	10	9
0.09	3	30	9
0.12	3	30	9
0.15	3	30	9
0.18	3	30	9
0.20	3	30	9
0.25	3	30	9

c) Macrobrachium acanthurus. Para el caso de la población de langostino de río se realizaron bioensayos estático y con reposición de corto plazo y pruebas exploratoria y definitiva. En el bioensayo estático de corto plazo y prueba exploratoria se dispuso de 54 individuos, 6 acuarios con capacidad de 100 litros y agua del arroyo en que se colectaron los organismos, las pruebas a que fueron sometidos se indican a continuación.

Cuadro 13. Tratamiento prueba exploratoria Macrobrachium acanthurus.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (minutos)
0	1	9	90
2	1	9	90
4	1	9	90
6	1	9	90
8	1	9	90
10	1	9	90

Para la prueba definitiva del bioensayo estático se utilizaron 91 langostinos de río, 13 acuarios y el agua correspondiente, los tratamientos fueron:

Cuadro 14. Tratamiento prueba definitiva  
Macrobrachium acanthurus.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0.0	1	7	24
0.5	3	21	24
1	3	21	24
3	3	21	24
5	3	21	24

El bioensayo estático con reposición incluyó una sola prueba, se ensayaron 5 dosis de DDVP con 3 reposiciones de insecticida con el 50% de las dosis inicialmente aplicadas. Se utilizaron 80 individuos y 6 acuarios, los tratamientos se indican a continuación.

Cuadro 15. Tratamiento prueba con reposición  
Macrobrachium acanthurus

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)	Tasa de reposición cada 9 hrs.
0.0	1	5	24	0.0
0.4	3	15	24	0.2
0.6	3	15	24	0.3
0.8	3	15	24	0.4
1.0	3	15	24	0.5

d) Crassostrea virginica. Se emplearon dos tipos de bioensayo, estático y con reposición, pruebas

exploratoria y definitiva. Para la prueba exploratoria del bioensayo estático se dispuso de 42 ostiones, 6 acuarios con volumen de 25 litros, que fueron llenados con agua del sitio de colecta. El tratamiento fue el siguiente.

Cuadro 16. Tratamiento prueba exploratoria Crassostrea virginica

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	7	48
2	1	7	48
4	1	7	48
6	1	7	48
8	1	7	48
10	1	7	48

La prueba definitiva se desarrolló con 192 individuos, 16 acuarios con 25 litros de agua y bajo el siguiente tratamiento:

Cuadro 17. Tratamiento prueba definitiva Crassostrea virginica

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	12	24
15	3	36	24
20	3	36	24
25	3	36	24
30	3	36	24
35	3	36	24

Para el bioensayo estático con reposición se realizó una sola prueba, la tasa de reposición del insecticida fue del 25% de la dosis inicial cada 6 horas durante 24 horas que duró la prueba. El diseño empleado se indica en seguida.

Cuadro 18. Tratamiento prueba con reposición  
Crassostrea virginica

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)	Tasa de reposición cada 6 hrs.
0	1	10	24	0.0
10	1	10	24	2.5
15	1	10	24	3.75
20	1	10	24	5.0
25	1	10	24	6.25
30	1	10	24	7.5

e) Cichlasoma gadovii. Con estos especímenes se realizó el bioensayo de tipo estático a corto plazo y dos pruebas exploratorias y una definitiva. En el caso de la primer prueba exploratoria se utilizaron 120 ejemplares y 6 acuarios de 100 litros de capacidad, los cuales fueron llenados con agua purificada comercial, aereándola durante el vaciado. Se tomó como criterio para determinar el número de peces por acuario la proporción de un pez por cada 5 litros de agua. El tratamiento fue el siguiente.

Cuadro 19. Tratamiento prueba exploratoria 1  
Cichlasoma gadovii.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	20	48
2	1	20	48
4	1	20	48
6	1	20	48
8	1	20	48
10	1	20	48

En la segunda prueba exploratoria se ocuparon 100 individuos, 10 acuarios y el mismo tipo de agua que en el caso anterior. El tratamiento fue el indicado abajo.

Cuadro 20. Tratamiento prueba exploratoria 2  
Cichlasoma gadovii

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	2	20	3.5
30	2	20	3.5
35	2	20	3.5
40	2	20	3.5
45	2	20	3.5

La prueba definitiva se realizó con 100 organismos, 5 acuarios y el mismo tipo de agua que en los dos casos anteriores. Los tratamientos fueron los siguientes.

Cuadro 21. Tratamiento prueba definitiva  
Cichlasoma gadovii

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	20	24
20	1	20	24
30	1	20	24
40	1	20	24
50	1	20	24

f) Tilapia sp. Los bioensayos practicados fueron: uno estático, con una sólo prueba y otro con reposición. Para el primer caso se contó con una población de 36 tilapias y 6 acuarios de 100 litros de capacidad, el agua utilizada fue del mismo tipo que la empleada para las pruebas con Cichlasoma gadovii. El tratamiento fue el siguiente.

Cuadro 22. Tratamiento prueba definitiva  
Tilapia sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	6	12
2	1	6	12
4	1	6	12
6	1	6	12
8	1	6	12
10	1	6	12

Para el segundo caso se corrió también una sólo prueba, la reposición del insecticida fue del 25% de la

dosis inicial cada 6 horas durante 24 horas que duró el bioensayo. Los tratamientos se indican a continuación.

Cuadro 23. Tratamiento prueba con reposición  
Tilapia sp.

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)	Tasa de reposición cada 6 hrs.
0	1	20	24	0.0
2	3	60	24	0.5
4	3	60	24	1.0
6	3	60	24	1.5
8	3	60	24	2.0
10	3	60	24	2.5
12	3	60	24	3.0

g) Ictalurus punctatus. El último bioensayo de este estudio fue de tipo estático y con pruebas exploratoria y definitiva. Para las pruebas se utilizaron 120 y 300 ejemplares, 6 y 15 acuarios de 100 litros de capacidad respectivamente, en ambos casos se utilizó agua purificada comercial. El tratamiento que se determinó para la prueba exploratoria fue el siguiente.

Cuadro 24. Tratamiento prueba exploratoria  
Ictalurus punctatus

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	1	20	13
2	1	20	13
4	1	20	13
6	1	20	13
8	1	20	13
10	1	20	13



Los tratamientos para la prueba definitiva fueron los siguientes.

Quadro 25. Tratamiento prueba definitiva  
Ictalurus punctatus

Dosis de DDVP (ppm)	Número de acuarios	Número de organismos	Tiempo de exposición (horas)
0	3	60	14
7	3	60	14
8	3	60	14
9	3	60	14
10	3	60	14

## 2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL EMPLEADO

El diseño experimental utilizado se enmarca en los principios del método experimental, para esto, de manera general se establecieron, en principio, para cada prueba los siguientes elementos: objetivo, factores de estudio, niveles de tratamiento y definición de la población.

Por lo que se refiere al objetivo, éste se orientó a determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para cada una de las especies estudiadas; los factores de estudio fueron: concentración de DDVP y el % de mortalidad; los niveles de tratamiento fueron dosis de DDVP y tiempo de exposición, finalmente se definió el tipo de población y su tamaño.

### Concentraciones de DDVP Utilizadas

En la tabla 6 se presentan de manera particular las concentraciones de DDVP utilizadas en cada tipo de prueba y por cada especie.

Tabla 6. Relación de la concentración de DDVP (ppm) empleada en cada prueba por especie estudiada.

----- Especie	Prueba	Concentración
<u>Culex sp.</u>	Exploratoria:	0.01, 0.03, 0.06, 0.09, 0.1 y 0.2
	Definitiva:	0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.10 y 0.15
<u>Belostoma sp.</u>	Exploratoria:	0.01, 0.03, 0.06, 0.09, 0.1 y 0.2
	Definitiva:	0.09, 0.12, 0.15, 0.18, 0.2 y 0.25
<u>Macrobrachium acanthurus</u>	Exploratoria:	2, 4, 6, 8 y 10
	Definitiva:	0.5, 1.0, 3.0 y 5.0
	Con reposición:	0.2, 0.4, 0.6, 8.0 y 1.0
<u>Crassostrea virginica</u>	Exploratoria:	2, 4, 6, 8 y 10
	Definitiva:	15, 20, 25, 30 y 35
	Con reposición:	10, 15, 20, 25 y 30
<u>Cichlasoma gadovii</u>	Exploratoria:	2, 4, 6, 8 y 10
	Exploratoria2:	30, 35, 40 y 45
	Definitiva:	20, 30, 40 y 50
<u>Tilapia sp.</u>	Definitiva:	2, 4, 6, 8 y 10
	Con reposición:	2, 4, 6, 8, 10 y 12
<u>Ictalurus punctatus</u>	Exploratoria:	2, 4, 6, 8 y 10
	Definitiva:	7, 8, 9 y 10

#### Tiempo de Exposición

El tiempo al cual fueron sometidos los organismos, en cada prueba realizada, fue diferente para cada caso, los criterios para establecer el tiempo de duración fueron, en un primer momento, los datos que por medio de la investigación bibliográfica se obtuvieron para algunas especies y por otra parte los resultados

obtenidos mediante las pruebas exploratorias. En la tabla 7 se presentan los datos correspondientes a este apartado.

Tabla 7. Relación de especies por tipo de prueba y tiempo de exposición.

----- Especie	Prueba	Tiempo (hrs.)
<u>Culex</u> sp.	Exploratoria	3
	Definitiva	20
<u>Belostoma</u> sp.	Exploratoria	3
	Definitiva	9
<u>Macrobrachium</u> <u>acanthurus</u>	Exploratoria	1.5
	Definitiva	24
	Con reposición	24
<u>Crassostrea</u> <u>virginica</u>	Exploratoria	48
	Definitiva	24
	Con reposición	24
<u>Cichlasoma</u> <u>gadovii</u>	Exploratoria1	48
	Exploratoria2	3.5
	Definitiva	24
<u>Tilapia</u> sp.	Definitiva	12
	Con reposición	24
	Exploratoria	13
<u>Ictalurus</u> <u>punctatus</u>	Exploratoria	13
	Definitiva	14

#### Tamaño de las Poblaciones

En la tabla 8 se indica el número de organismos utilizados en cada uno de los bioensayos, el cual fue diferente aún tratándose de la misma especie. Factores como disponibilidad en la época en que se realizó la investigación y en otros casos las dificultades

económicas limitaron el tamaño de las poblaciones investigadas.

Tabla 8. Relación del tamaño de la población por especie y tipo de prueba.

----- Especie	Prueba	No. organismos
-----	-----	-----
<u>Culex sp.</u>	Exploratoria	140
	Definitiva	877
<u>Belostoma sp.</u>	Exploratoria	140
	Definitiva	190
<u>Macrobrachium acanthurus</u>	Exploratoria	54
	Definitiva	91
	Con reposición	80
<u>Crassostrea virginica</u>	Exploratoria	42
	Definitiva	192
	Con reposición	60
<u>Cichlasoma gadovii</u>	Exploratoria1	120
	Exploratoria2	100
	Definitiva	100
<u>Tilapia sp.</u>	Definitiva	36
	Con reposición	380
<u>Ictalurus punctatus</u>	Exploratoria	120
	Definitiva	300
-----	-----	-----

El diseño experimental, para efecto de esta investigación se entiende como el orden en el cual se asignan los tratamientos a las unidades experimentales, pudiendo ser espacial o temporal; lo cual implica definir las características particulares para cada prueba, en éste sentido y con el propósito de homogenizar los diversos elementos y sistematizar la

información, se diseñó un formato general en el que se incluye: objetivo, variable de estudio, tratamiento, nivel de respuesta, unidad experimental, tipo de diseño y tamaño de muestra,

Dicho formato fue utilizado para controlar cada una de las pruebas, tanto exploratorias como definitivas, los formatos se incluyen a continuación.

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Culex sp. a 3 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.01, 0.03, 0.06, 0.09, 0.1 y 0.2 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: Larvas de Culex sp.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 140 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Culex sp. a 20 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.1 y 0.15 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: Larvas de Culex sp.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 387 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Belostoma a 3 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.01, 0.03, 0.06, 0.09, 0.1 y 0.2 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: ninfas y adultos de Belostoma sp.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 140 individuos.

---

Tabla 17. Resultados de la prueba exploratoria con Crassostrea virginica con distintas dosis de DDVP a 48 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	NUMERO DE ORGANISMOS	MANIFESTACION VITAL SEGUN TIEMPO DE EXPOSICION															
		5 HORAS			24 HORAS			36 HORAS			48 HORAS						
		V.	A.	A.	B.	V.	A.	V.	C.	A.	B.	V.	A.	V.	C.	A.	B.
0	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
2	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
4	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
6	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
8	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2
10	7	3	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2

V.A. = Valvas abiertas    V.C. = Valvas cerradas  
A.B. = Actividad branquial

Tabla 18. Resultados de la prueba definitiva con Crassostrea virginica a diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	NUMERO DE ORGANISMOS	MANIFESTACION VITAL SEGUN TIEMPO DE EXPOSICION.											
		30 MIN.		3 HORAS		8 HORAS		13 HORAS		24 HORAS		RET.	
		V.	E.	V.	E.	V.	E.	V.	E.	V.	E.		RET.
0	12	56	100	56	100	56	100	56	100	56	100	100	
15	36	56	100	56	100	60	70	60	70	60	70	97.	
20	36	60	100	60	90	65	50	65	50	65	50	100	
25	36	65	100	65	80	70	20	70	20	70	20	100	
30	36	70	100	70	70	80	0	80	0	80	0	100	
35	36	80	100	80	60	95	0	95	0	95	0	100	

V.E. = Valvas entreabiertas    RET. = Respuesta a estimulo térmico  
REM. = Respuesta a estímulos mecánicos.

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Belostoma sp. a 9 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.09, 0.12, 0.15, 0.18, 0.2 y 0.25 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: Ninfas y adultos de Belostoma sp.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 190 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Macrobrachium acanthurus a 1.5 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 2, 4, 6, 8 y 10 ppm

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: juveniles de Macrobrachium acanthurus.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 54 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Macrobrachium acanthurus a 24 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.5, 1.0, 3.0 y 5.0 ppm

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: juveniles de Macrobrachium acanthurus.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 91 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Macrobrachium acanthurus a 24 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, y 1.0 ppm y una tasa de reposición del 50% cada 9 horas.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: juveniles de Macrobrachium acanthurus.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 380 individuos.

---





---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Crassostrea virginica, a 48 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 2, 4, 4, 8 y 10 ppm  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: juveniles de Crassostrea virginica.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 42 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Crassostrea virginica a 24 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 15, 20, 25, 30 y 35 ppm  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: juveniles de Crassostrea virginica.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 192 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Crassostrea virginica a 24 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 10, 15, 20, 25 y 30 ppm. y una tasa de reposición del 25% cada 6 horas  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: juveniles de Crassostrea virginica.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 60 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Cichlasoma gadovii a 48 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 2, 4, 6, 8 y 10 ppm  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: alevines de Cichlasoma gadovii.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 100 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Cichlasoma gadovii a 3.5 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 30, 35, 40 y 45 ppm  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: alevines de Cichlasoma gadovii.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 100 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Cichlasoma gadovii a 24 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 20, 30, 40 y 50 ppm.  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: alevines de Cichlasoma gadovii.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 100 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Tilapia sp. a 12 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 2, 4, 6, 8 y 10 ppm.  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: juveniles de Tilapia sp.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 36 individuos.

---

---

Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Tilapia sp a 24 horas de exposición.  
Variable de estudio: Concentración de DDVP.  
Tratamiento: 0.0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 ppm. y una tasa de reposición del 25% cada 6 horas.  
Nivel de respuesta: mortalidad.  
Unidad experimental: alevines de Tilapia sp.  
Tipo de diseño: Completamente al azar.  
Tamaño de muestra: 380 individuos.

---

-----  
Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Ictalurus punctatus a 13 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 2, 4, 6, 8 y 10 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: alevines de Ictalurus punctatus.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 120 individuos.  
-----

-----  
Objetivo: Determinar la LD<sub>50</sub> de DDVP para Ictalurus punctatus a 14 horas de exposición.

Variable de estudio: Concentración de DDVP.

Tratamiento: 0.0, 7, 8, 9 y 10 ppm.

Nivel de respuesta: mortalidad.

Unidad experimental: alevines de Ictalurus punctatus.

Tipo de diseño: Completamente al azar.

Tamaño de muestra: 300 individuos.  
-----

#### Lotes Testigo, Experimentales y Réplicas

Así mismo como necesidad del estudio, se estableció la pertinencia de incluir en cada una de las pruebas lotes testigo y experimentales, considerando en algunos casos tener repeticiones.

La distribución para cada especie y tipo de prueba se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Número y tipo de lotes, por tipo de prueba, según especie.

----- Especie	Prueba	T	R	Ex	R
<u>Culex sp.</u>	Exploratoria	1	6		
	Definitiva	1	6	2	
<u>Belostoma sp.</u>	Exploratoria	1	6		
	Definitiva	1	6	2	
<u>Macrobrachium acanthurus</u>	Exploratoria	1	5		
	Definitiva	1	4	2	
<u>Crassostrea virginica</u>	Con reposición	1	4	2	
	Exploratoria	1	5		
	Definitiva	1	5	2	
<u>Cichlasoma gadovii</u>	Con reposición	1	5		
	Exploratoria	1	5		
	Exploratoria <sup>2</sup>	1	1	4	1
<u>Tilapia sp.</u>	Definitiva	1	4		
	Definitiva	1	5		
	Con reposición	1	1	6	2
<u>Ictalurus punctatus</u>	Exploratoria	1	5		
	Definitiva	1	1	4	2

-----  
Lotes: T= testigo, R=repetición y Ex=experimental.

### Cámaras de Prueba

Las cámaras de prueba incluyeron básicamente dos tipos de recipientes, los cuales fueron previamente lavados con agua y detergente líquido, Extran (Merck) al 2%. Las características para cada tipo de prueba, según especie se presenta en seguida.

Culex sp. Se utilizaron frascos de dos litros de capacidad, que fueron llenados con agua del sitio de colecta de los organismos, quedando una burbuja de aire en la tapa. El sistema estático se logró manteniendo tapado, cada frasco, con un vidrio esmerilado y sellado con cinta adhesiva y sin aereación.

Belostoma sp. Para estas pruebas se empleó el mismo procedimiento arriba señalado.

Macrobrachium acanthurus. En este caso se dispuso de acuarios de 100 litros de volumen. Cada uno de los acuarios se lleno con 100 litros de agua del mismo arroyo en donde fueron colectados los organismos. El modelo estático se estableció sin aereador, filtro, sin administrar alimento y colocando sobre el acuario una tapa de vidrio sellando con cinta adhesiva.

En particular, en la prueba con reposición se removió momentaneamente la tapa para agregar el DDVP.

Crassostrea virginica. Se emplearon acuarios de 100 litros de capacidad, en los que se colocó únicamente 25 litros de agua del sitio de colecta de los organismos (una cuarta parte de agua y tres cuartas partes de cámara de aire). Las características del sistema

estático fueron: sin filtro, aereador, ni adicionar alimento, una cubierta de vidrio y sellando con cinta adhesiva.

Para la reposición de insecticida se removió temporalmente la tapa del acuario.

Cichlasoma gadovii, Tilapia sp. e Ictalurus punctatus.

Para estos organismos se contó con acuarios de 100 litros de volumen. Fueron llenados con agua purificada comercial, usando cinco garrafones de 20 litros cada uno para cada acuario, al llenarlos se aereó el agua durante el vaciado. Todos los acuarios se taparon con cubiertas de vidrio cuyos bordes fueron sellados con cinta adhesiva, logrando que el agua del acuario no tuviera contacto con el aire del local, quedando una ligera capa de aire entre la superficie del agua y la cara ventral de la tapa de vidrio. En esa forma se estableció un sistema estático, sin usar aereador, filtro ni adicionar alimento a los peces.

Se tomó como criterio, para incorporar un número definido de peces para el desarrollo de las pruebas, una proporción de un pez por cada cinco litros de agua.

Para la reposición del insecticida, en el caso de

las tilapias, la tapa fue removida en el momento de agregar la dosis.

## CAPITULO 3. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el estudio, se decidió presentarlo en dos apartados, uno en el que se da cuenta de los aspectos cuantitativos de las pruebas y otro en el que se hace referencia a las observaciones sobre el efecto del DDVP en los organismos, y en ese orden se presentan a continuación.

### 3.1 Resultados Cuantitativos

Los resultados obtenidos en esta investigación se exhiben en el mismo orden en que se describieron cada uno de los bioensayos en el capítulo anterior.

Se ha estimado conveniente integrar cada apartado con una presentación general de los resultados obtenidos en cada prueba, incluyendo en tablas los datos cuantitativos y representandolos por medio de gráficas y finalmente presentar puntualmente la  $LD_{50}$  obtenida o calculada, por interpolación, para cada bioensayo.

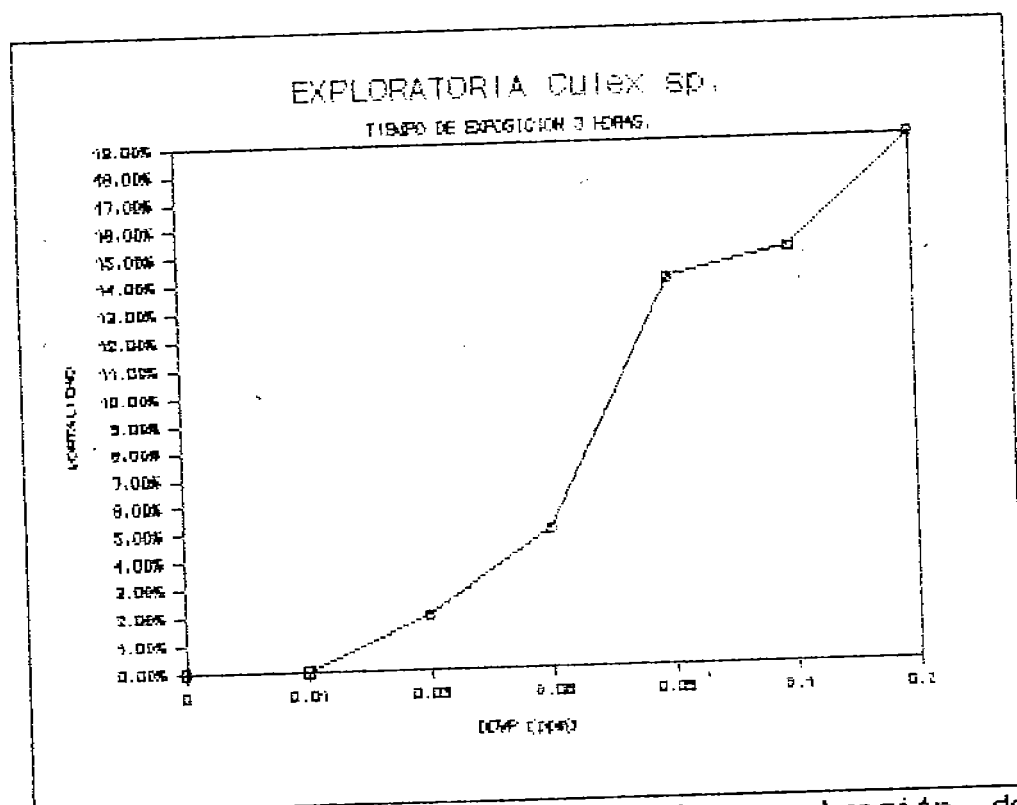


a) Culex sp.

**Prueba Exploratoria.** En esta prueba se registró una mortalidad superior al 50% a partir de la dosis de 0.09 ppm en los lotes experimentales, en tanto que en la concentración de 0.01 ppm y en el lote testigo no hubo organismos muertos. La mayor mortalidad se alcanzó con dosis de 0.2 ppm, correspondiéndole el 95%. Los datos completos se presentan en la tabla 10 y se ilustran en la gráfica 4.

Tabla 10. Resultados de la prueba exploratoria con Culex sp. con diferentes dosis de DDVP a 3 horas de exposición

DOSIS DE DDVP (ppm)	NUMERO DE FRASCOS	NUMERO DE ORGANISMOS	MORTALIDAD EN 3 HRS.DE EXPOSICION (%)	NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
0.0	1	20	0	0
0.01	1	20	0	0
0.03	1	20	10	2
0.06	1	20	25	5
0.09	1	20	70	14
0.10	1	20	75	15
0.20	1	20	95	19



Gráfica 4. Relación mortalidad-concentración de DDVP a 3 horas de exposición.

Dosis a la cual se alcanzó la  $LD_{50}$  a tres horas de exposición: 0.07 ppm, dato calculado por interpolación.

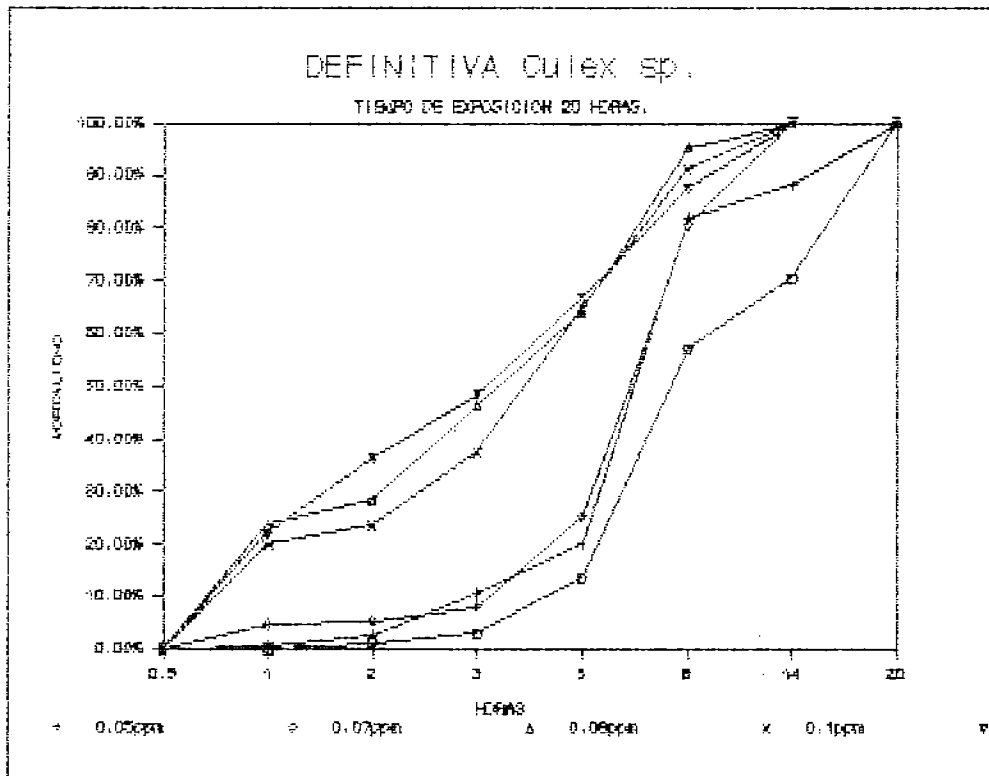
**Prueba Definitiva.** La mortalidad en los lotes experimentales se fue incrementando conforme transcurrió el tiempo; hasta las tres horas no se alcanzó la mortalidad en 50% de la población estudiada; a partir de las cinco horas con una concentración de 0.09 ppm se obtuvo una mortalidad del 64.2% y de 66.8% con una concentración de 0.15 ppm. A las ocho horas de exposición en todos los lotes experimentales se superó

el 50% de mortalidad y a las 20 horas en el lote testigo se presentó una mortalidad del 50%.

En la tabla 11 se muestran todos los datos correspondientes a la prueba y en la gráfica 5 su representación.

Tabla 11. Resultados de la prueba definitiva con Culex sp. a diferentes dosis de DDVP a 20 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION							
	0.5 HRS.	1 HRS.	2 HRS.	3 HRS.	5 HRS.	8 HRS.	14 HRS.	20 HRS.
0.0	0	6.0	6.0	6.0	10.0	22.0	30.0	50
0.03	0	0.0	1.2	2.9	13.6	57.3	70.4	100
0.05	0	0.6	2.7	10.6	20.0	82.0	88.0	100
0.07	0	4.8	5.4	8.1	25.4	80.5	100	100
0.09	0	23.8	28.5	46.4	64.2	95.2	100	100
0.10	0	20.0	23.7	37.5	65.0	91.2	100	100
0.15	0	22.0	36.4	48.4	66.8	87.4	100	100



Gráfica 5. Relación mortalidad-concentración de DDVP para 0.5, 1, 2, 3, 5, 8, 14 y 20 horas de exposición.

De acuerdo a los resultados, la  $LD_{50}$  se presentó a las ocho horas con una concentración de 0.03 ppm, dosis más cercana al tiempo que se estableció para correr la prueba. La  $LD_{50}$  calculada por interpolación fue de 0.08 ppm para las cinco horas.

#### b) Belostoma sp.

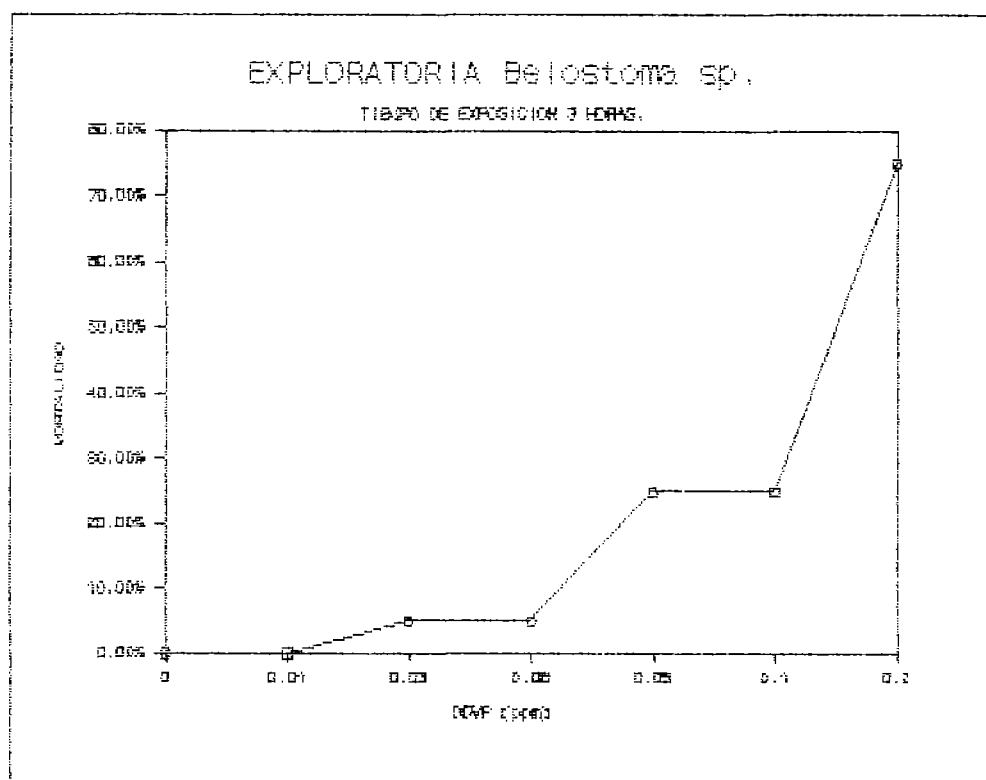
Prueba Exploratoria. Durante esta prueba se obtuvo una mortalidad superior al 50% con una concentración de 0.2 ppm en los lotes experimentales, la mortalidad en el

lote testigo fue cero, en los otros lotes experimentales nunca se alcanzó el 50% de mortalidad, la mayor fue de 25% con 0.09 y 0.1 ppm.

Los datos completos que resultaron de la prueba se incluyen en la siguiente tabla y en la gráfica se representan.

Tabla 12. Resultados de la prueba exploratoria con Belostoma sp. con distintas dosis de DDVP a 3 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	NUMERO DE FRASCOS	NUMERO DE ORGANISMOS	% DE MORTALIDAD EN 3 HORAS DE EXPOSICION	NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
0.0	1	20	0	0
0.01	1	20	0	0
0.03	1	20	5	1
0.06	1	20	5	1
0.09	1	20	25	5
0.10	1	20	25	5
0.20	1	20	75	15



Gráfica 6. Porcentaje de mortalidad, según dosis de DDVP a 3 horas de exposición.

Dosis a la cual se alcanzó la  $LD_{50}$ : 0.14 ppm, se obtuvo por interpolación.

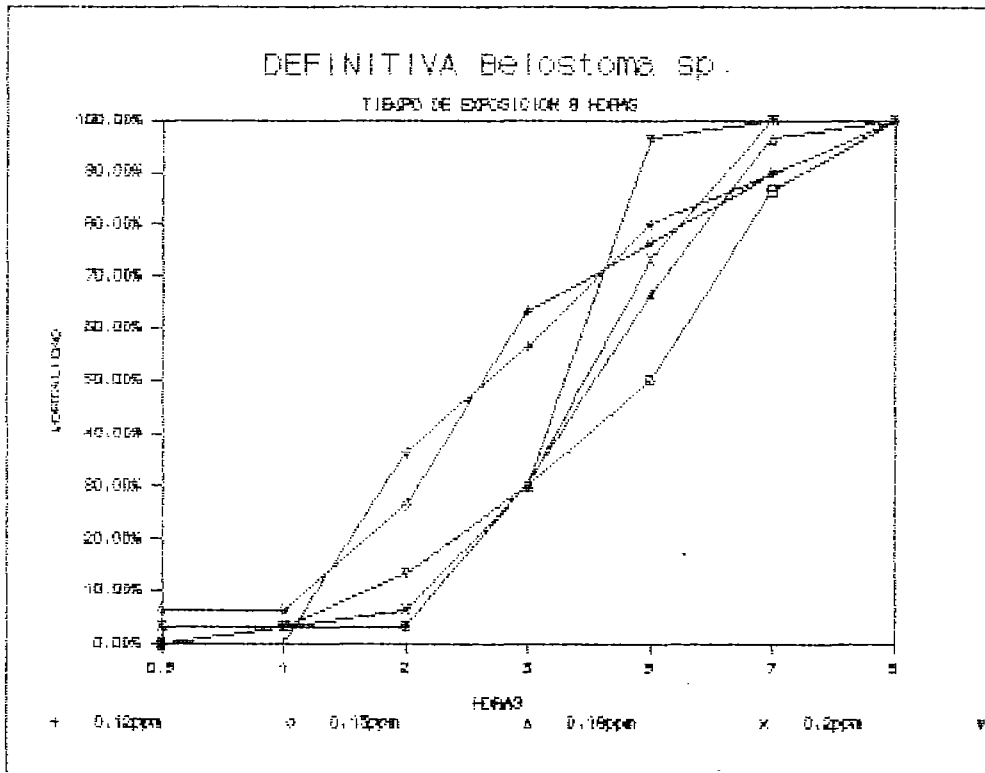
**Prueba Definitiva.** De los datos de esta prueba se observa que en los lotes experimentales la mortalidad del 50% o más se alcanza a las tres horas a concentraciones de 0.12 y 0.15 ppm y a partir de las cinco horas el 50% se alcanza con una dosis de 0.09 ppm, y en los demás lotes experimentales es mayor,

destacando la concentración de 0.25 ppm con 96.6% de mortalidad, en el caso del lote testigo la mortalidad fue cero.

En la tabla 13 se presentan todos los resultados obtenidos en la prueba, mismos que se representan en la gráfica 7.

Tabla 13. Resultados de la prueba definitiva con Belostoma sp. con distintas dosis de DDVP a 9 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION						
	0.5 HRS.	1 HR.	2 HRS.	3 HRS.	5 HRS.	7 HRS.	9 HRS.
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.09	0.0	3.3	3.3	30.0	50.0	86.61	100
0.12	0.0	0.0	36.6	56.6	80.0	90.0	100
0.15	6.6	6.6	26.6	63.3	76.6	90.0	100
0.18	0.0	3.3	3.3	30.0	66.6	96.6	100
0.20	3.3	3.3	6.6	30.0	73.3	100.0	100
0.25	0.0	3.3	13.3	30.0	96.6	100.0	100



Gráfica 7. Relación mortalidad-concentración de DDVP para 0.5, 1, 2, 3, 5, 7 y 9 horas de exposición.

La dosis a la cual se alcanza la  $LD_{50}$  a las cinco horas es de 0.09 ppm. La  $LD_{50}$  calculada por interpolación a las tres horas de exposición fue de 0.11 ppm.

c) Macrobrachium acanthurus.

**Prueba Exploratoria.** Los resultados de esta prueba muestran que en los lotes experimentales la mortalidad de la población se inició a los 15 minutos con dosis de 10 ppm; alcanzándose una mortalidad superior al 50% a



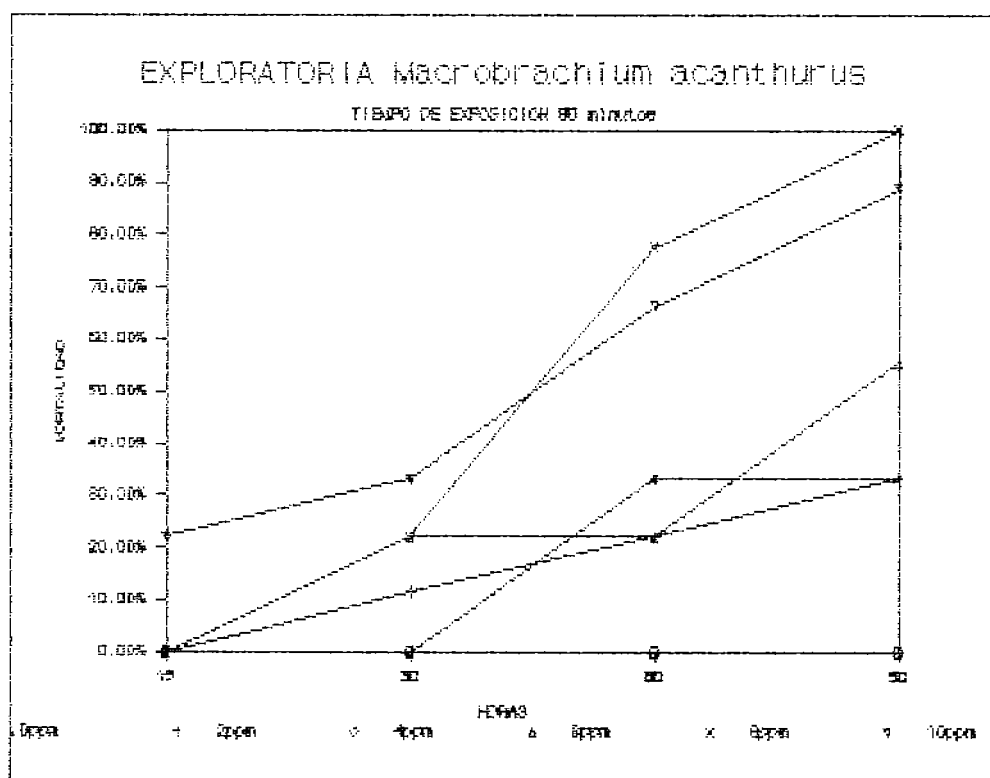
los 60 minutos con concentraciones de 8 y 10 ppm.

A los 90 minutos con dosis de 6 ppm se logró una mortalidad del 55.5% y con 8 ppm el 100%. Por otra parte el testigo no mostró mortalidad.

En la tabla 14 se muestran los resultados totales obtenidos en el bioensayo y se representan en la gráfica 8.

Tabla 14. Resultados de la prueba exploratoria con Macrobrachium acanthurus a diferentes dosis de DDVP a 1.5 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION				NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
	15 MIN.	30 MIN.	60 MIN.	90 MIN.	
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	0.0	11.7	22.2	33.3	3
4	0.0	0.0	33.3	33.3	3
6	0.0	22.2	22.2	55.5	5
8	0.0	22.2	77.7	100.0	9
10	22.2	33.3	66.6	88.8	8



Gráfica 8. Porcentaje de mortalidad según concentración de DDVP para 15, 30, 60 y 90 minutos de exposición.

La LD<sub>50</sub> obtenida por interpolación fue de 5.5 ppm para 90 minutos de exposición y para 60 minutos de exposición fue 6.9 ppm.

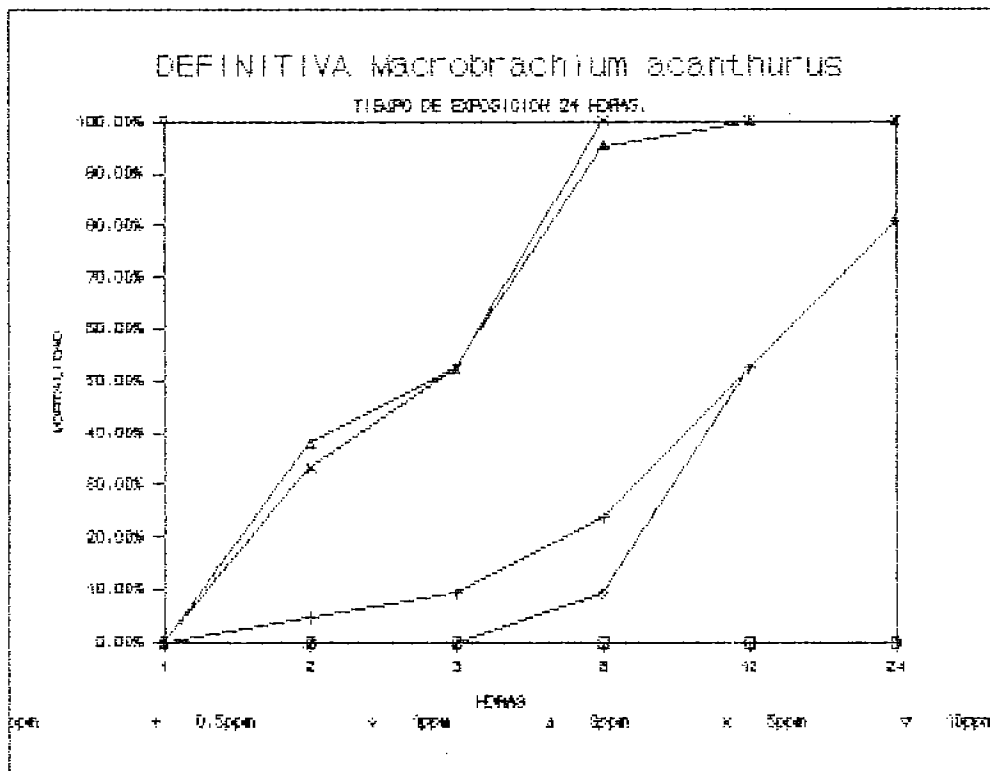
**Prueba Definitiva.** La mortalidad se presentó hasta la segunda hora de iniciada la prueba, a las tres horas se alcanzó el 52.3% con dosis de 3 y 5 ppm, y a las 12 horas ese mismo porcentaje con 0.5 y 1 ppm, todos estos resultados se observaron en los lotes experimentales, mientras que en el lote testigo la mortalidad fue cero.

Los resultados completos se presentan en seguida,

acompañados de la gráfica correspondiente.

Tabla 15. Resultados de la prueba definitiva con Macrobrachium acanthurus con diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION						NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
	1 HR.	2 HRS.	3 HRS.	6 HRS.	12 HRS.	24 HRS.	
0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.5	0	4.7	9.5	23.8	52.3	80.9	17
1.0	0	0.0	0.0	9.5	52.3	80.9	17
3.0	0	38.0	52.3	95.2	100.0	100.0	21
5.0	0	33.3	52.3	100.0	100.0	100.0	21



Gráfica 9. Relación mortalidad-concentración de DDVP para 1, 2, 3, 6, 12 y 14 horas de exposición.

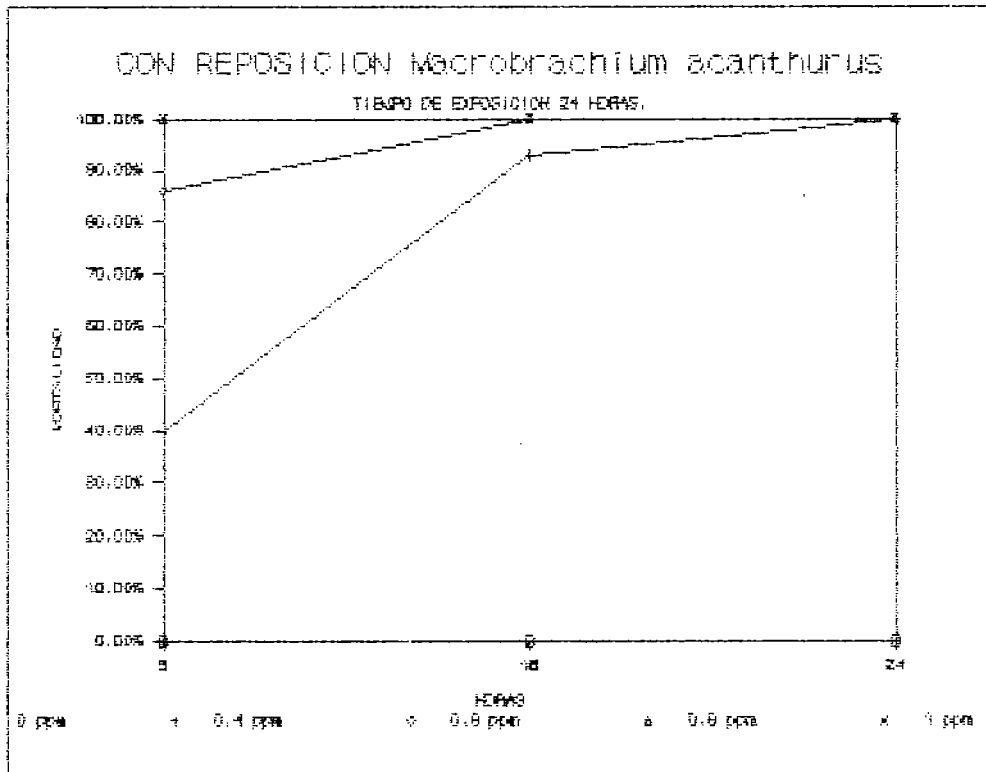
La LD  $\infty$  a tres y seis horas de exposición fue de 2.8 y 1.7 ppm, ambos datos fueron obtenidos mediante interpolación.

**Prueba con Reposición.** Los resultados de esta prueba muestran mortalidad en todos los lotes experimentales a las nueve horas, la cual alcanza el 100% a las 24 horas en todos los lotes experimentales.

Los datos completos se muestran en la tabla 16 y la gráfica 10.

Tabla 16. Resultados de la prueba definitiva con reposición para Macrobrachium acanthurus con diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION			NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
	9 HORAS	18 HORAS	24 HORAS	
0.0	0.0	0.0	0.0	0
0.4	40.0	93.3	100.0	15
0.6	86.6	100.0	100.0	15
0.8	100.0	100.0	100.0	15
1.0	100.0	100.0	100.0	15



Gráfica 10. Porcentaje de mortalidad según concentración de DDVP a 24 horas de exposición.

La dosis encontrada por interpolación para la  $LD_{50}$  a nueve horas fue 0.44 ppm.

d) *Crassostrea virginica*.

Prueba Exploratoria. Conforme a los criterios establecidos para evaluar la  $LD_{50}$ , en esta prueba no fue posible determinarla; las dosis probadas no causaron mortalidad en las poblaciones estudiadas. En

este caso se decidió establecer la  $EC_{50}$  (concentración efectiva media), que fue puesta de manifiesto por medio de la respuesta de los organismos a estímulos mecánicos y observación de signos vitales aparentes (valvas abiertas, cerradas, entreabiertas y actividad branquial).

En esta prueba los resultados fueron homogéneos en todos los lotes, experimentales y testigo, conforme a la tabla 17.

#### ENTRA TABLA MODIFICADA

Los valores que se indican en la tabla son el resultado de promedios, es decir, no se refieren a que el mismo organismo siempre tenga la valva abierta o cerrada, más bien esta acción fue alternativa para todos los individuos.

**Prueba Definitiva.** Como en el caso anterior, con las dosis ensayadas no se alcanzó la mortalidad de los organismos y se limitó a establecer la  $EC_{50}$ , bajo los mismos criterios que en el caso anterior, adicionando el estímulo térmico, al cual fueron sometidos los individuos después de dar por terminada la prueba, sumergiéndolos en agua ligeramente caliente para

comprobar si aún estaban vivos, todos respondieron positivamente a este estímulo con la dilatación del músculo abductor. Los resultados se muestran en la tabla 18.

ENTRA TABLA MODIFICADA.

Prueba con Reposición. Al igual que en los casos anteriores, no hubo mortalidad en ninguno de los lotes, experimentales y testigo, y los resultados muestran semejanza con los obtenidos en las dos pruebas anteriores.

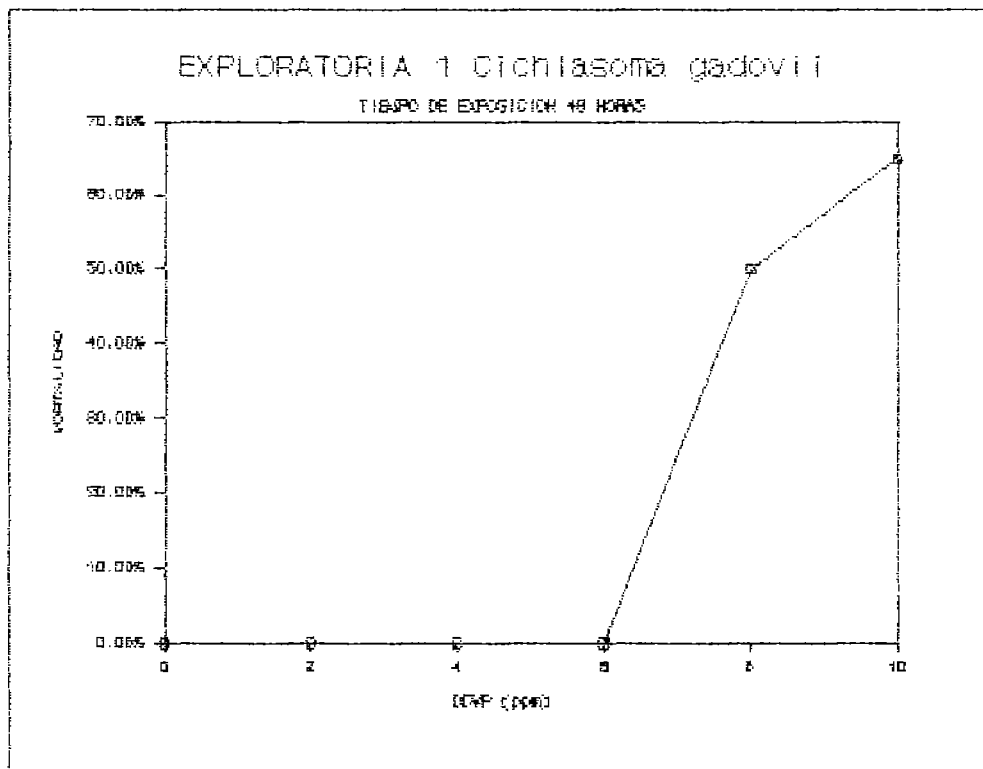
e) Cichlasoma gadovii.

Prueba Exploratoria 1. Los resultados obtenidos al final del tiempo de prueba a que fueron sometidos los organismos, y que fue de 48 horas, muestran que la mortalidad del 50% se alcanzó con 8 ppm y de 65% con 10 ppm, los demás lotes experimentales y testigo no presentaron mortalidad.

En la tabla 19 y gráfica 11 se muestran los resultados completos de la prueba, para cada una de las dosis ensayadas.

Tabla 19. Resultados de la prueba exploratoria 1 con Cichlasoma gadovii a diferentes dosis de DDVP a 48 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	TIEMPO DE EXPOSICION EN HORAS	NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS	MORTALIDAD (%)
0	48	0	0.0
2	48	0	0.0
4	48	0	0.0
6	48	0	0.0
8	48	10	50.0
10	48	13	65.0



Gráfica 11. Relación mortalidad-concentración de DDVP a 48 horas de exposición.



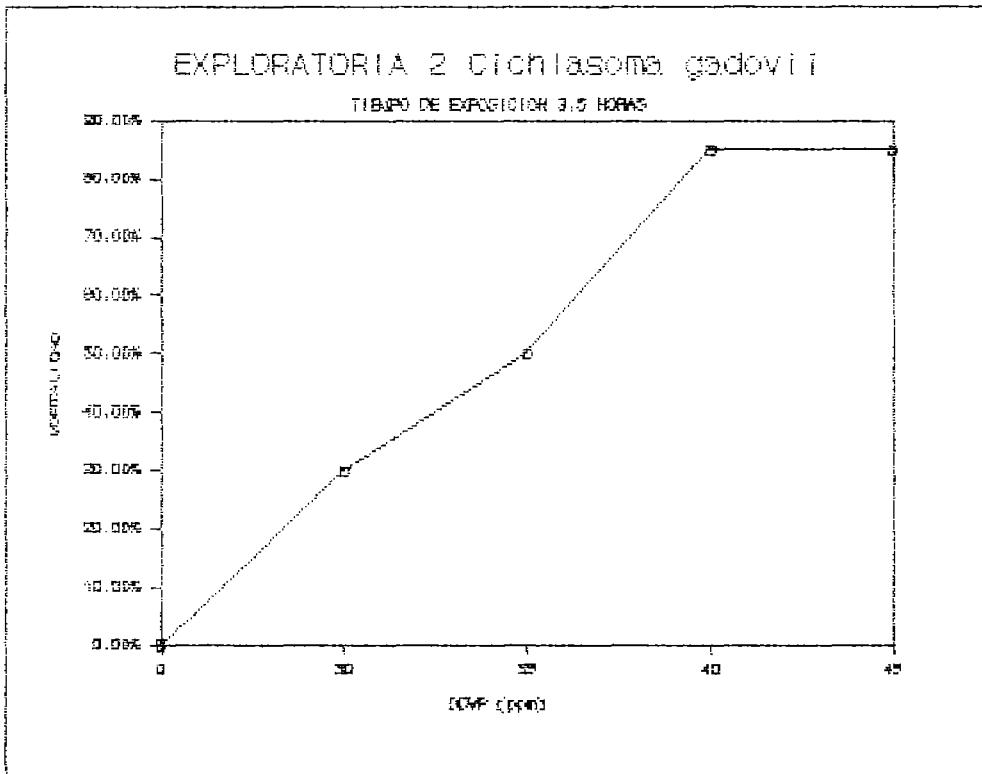
La LD<sub>50</sub> se presentó a las 48 horas con una concentración de 8 ppm.

Prueba Exploratoria 2. Los resultados del segundo bioensayo efectuado muestran la mayor mortalidad con dosis de 40 y 45 ppm, 85% para las dos, y el 50% de mortalidad con 35 ppm.

Los datos completos se muestran en la tabla 20 y se acompañan de la gráfica 12.

Tabla 20. Resultados de la prueba exploratoria 2 con Cichlasoma gadovii a distintas dosis de DDVP a 3.5 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	TIEMPO DE EXPOSICION EN HORAS	NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS	MORTALIDAD (%)
0	3.5	0	0
30	3.5	12	30
35	3.5	20	50
40	3.5	34	85
45	3.5	34	85



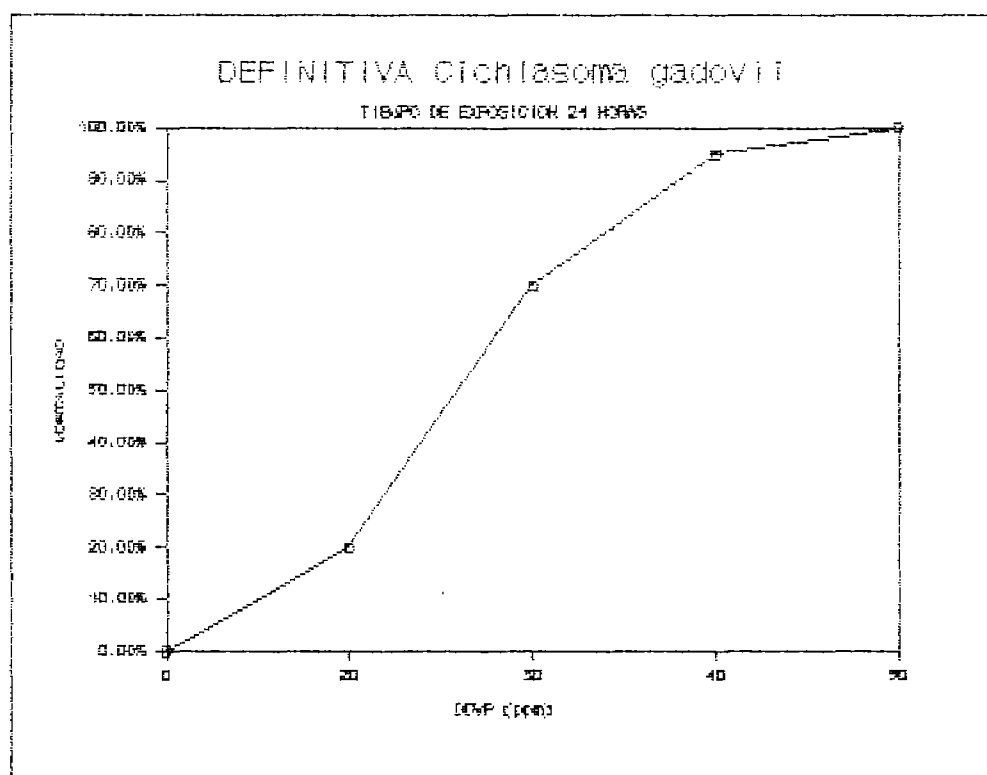
Gráfica 12. Porcentaje de mortalidad según dosis de DDVP para 3.5 horas.

Dosis a la cual se encontró la  $LD_{50}$  a las 3.5 horas: 35 ppm.

**Prueba Definitiva.** De las dosis empleadas la de 50 ppm causó el 100% de mortalidad, la de 30 ppm el 70% y la de 20 ppm ocasionó tan sólo el 20%. Todos los resultados se presentan en la tabla 21 y en la gráfica 12.

Tabla 21. Resultados de la prueba definitiva con Cichlasoma gadovii a distintas dosis de DDVP a 24 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	TIEMPO DE EXPOSICION EN HORAS	NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS	MORTALIDAD (%)
0	24	0	0
20	24	4	20
30	24	14	70
40	24	19	95
50	24	20	100



Gráfica 13. Relación mortalidad-concentración de DDVP a 24 horas de exposición.

La LD<sub>50</sub> se calculó por interpolación y fue de 25.5 ppm a las 24 horas de exposición.

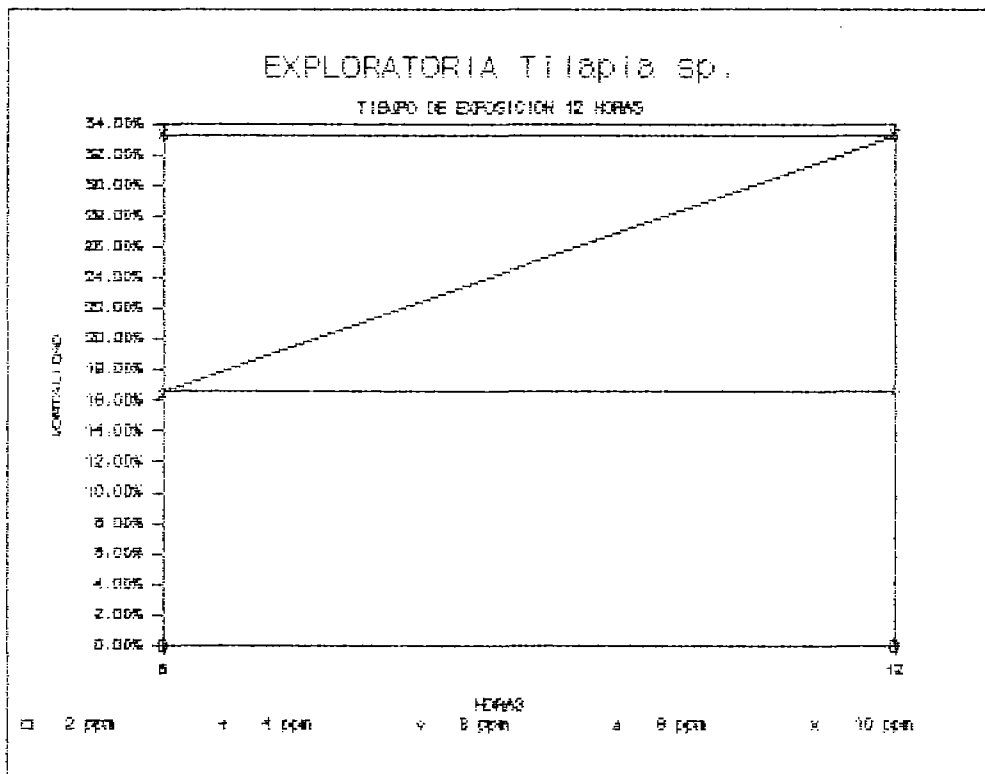
f) Tilapia sp.

Prueba Definitiva. Conforme a las concentraciones empleadas y el tiempo de exposición, los resultados obtenidos en este bioensayo muestran que en ningún caso se alcanzó una mortalidad del 50%, la máxima fue 33.3% a una dosis de 8 ppm y 10 ppm a las 12 horas, con la dosis de 10 ppm ese porcentaje de mortalidad se alcanzó desde las seis horas de exposición; sólo en tres de las cinco concentraciones probadas hubo mortalidad.

Los resultados completos se presentan en la tabla 22 y como complemento para su interpretación la gráfica 14.

Tabla 22. Resultados de la prueba definitiva con Tilapia sp. a distintas dosis de DDVP a 12 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION	
	6 HRS.	12 HRS.
0	0.0	0.0
2	0.0	0.0
4	0.0	0.0
6	16.6	16.6
8	16.6	33.3
10	33.3	33.3



Gráfica 14. Porcentaje de mortalidad según concentración de DDVP para 6 y 12 horas de exposición.

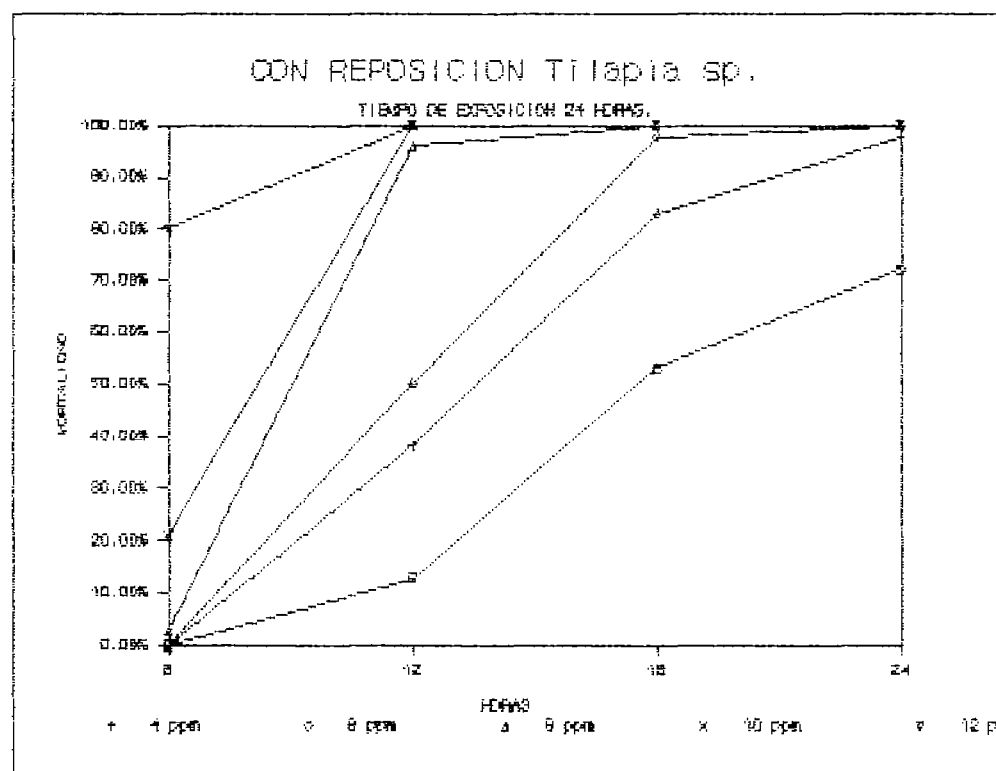
En esta prueba no se alcanzó la  $LD_{50}$  con las concentraciones utilizadas.

**Prueba con Reposición.** Los resultados obtenidos en esta prueba señalan que la mortalidad en el lote testigo alcanzó el 25% a las 24 horas, misma que empezó a presentarse desde las 12 horas con un 15%, en tanto en los lotes experimentales a las 12 horas con 6 ppm se alcanzó una mortalidad de 50% y con 10 y 12 ppm el 100% en el mismo tiempo. Desde las 18 horas en todas las concentraciones utilizadas la mortalidad superó el 50%.

Los resultados se expresan en la tabla 23 y gráfica 15.

Tabla 23. Resultados de la prueba definitiva con reposición para Tilapia sp. a diferentes dosis de DDVP a 24 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION				NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
	6	12	18	24	
	HRS.	HRS.	HRS.	HRS.	
0	0	15	20	25	5
2	0	13	53	72	43
4	0	38	83	98	59
6	0	50	98	100	60
8	3	96	100	100	60
10	21	100	100	100	60
12	8	100	100	100	60



Gráfica 15. Relación mortalidad-concentración de DDVP a 24 horas de exposición.

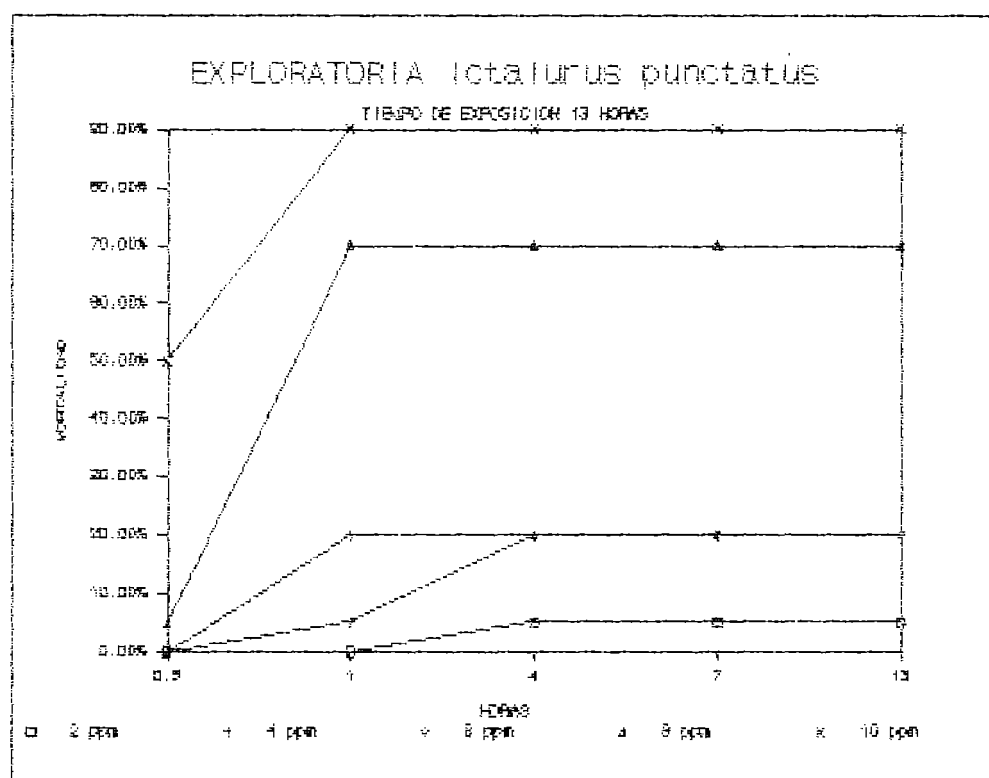
Dosis a la cual se encontró la LD<sub>50</sub> a las 12 horas: 6 ppm.

9) Ictalurus punctatus.

Prueba Exploratoria. En esta prueba no hubo mortalidad en el lote testigo, mientras en los lotes experimentales la mayor mortalidad, 90%, se presentó a la dosis de 10 ppm y la menor con 5% correspondió a 2 ppm, cabe hacer notar que 50% de mortalidad se alcanzó a las 0.5 horas con una dosis de 10 ppm. Los resultados completos se exponen en la tabla 24 y se representan en la gráfica 16.

Tabla 24. Resultados de la prueba exploratoria con Ictalurus punctatus con diferentes dosis de DDVP a 13 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION				
	0.5 HR.	1 HR.	4 HRS.	7 HRS.	13 HRS.
0	0	0	0	0	0
2	0	0	5	5	5
4	0	5	20	20	20
6	0	20	20	20	20
8	5	70	70	70	70
10	50	90	90	90	90



Gráfica 16. Porcentaje de mortalidad según concentraciones de DDVP a 0.5, 1, 4, 7 y 13 horas de exposición.

La dosis en la cual se identificó la  $LD_{50}$  fue de 10 ppm a las 0.5 ppm. La  $LD_{50}$  calculada por interpolación para 1, 4, 7 y 13 horas fue: 7.1 ppm.

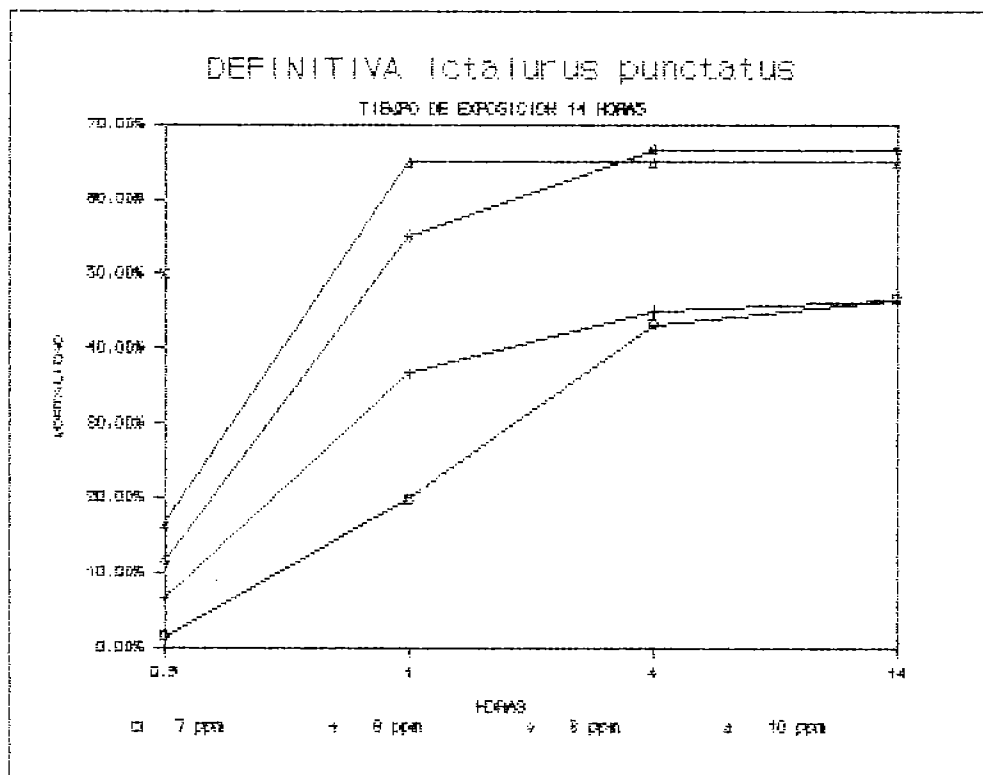
**Prueba Definitiva.** De las concentraciones ensayadas los resultados muestran que las dosis de 9 y 10 ppm alcanzan mortalidades superiores al 50%, 66.6% y 65% respectivamente, mientras que con 7 y 8 ppm se alcanzó una mortalidad de 46.6%, por lo que se refiere al lote testigo la mortalidad fue nula.



Los resultados de esta prueba se indican en la tabla 25 y en la gráfica 17.

Tabla 25. Resultados de la prueba definitiva con Ictalurus punctatus con diferentes dosis de DDVP a 14 horas de exposición.

DOSIS DE DDVP (ppm)	% DE MORTALIDAD A DISTINTOS TIEMPOS DE EXPOSICION				NUMERO DE ORGANISMOS MUERTOS
	0.5 HR.	1 HR.	4 HRS.	14 HRS.	
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	1.66	20.0	43.3	46.6	28
8	6.60	36.6	45.0	46.6	28
9	11.60	55.0	66.6	66.6	40
10	16.60	65.0	65.0	65.0	39



Gráfica 17. Relación mortalidad-concentración de DDVP para 0.5, 1, 4 y 14 horas de exposición.

Dosis a la cual se encontró la LD<sub>50</sub>, por interpolación, para 1, 4 y 14 horas de exposición: 8.7, 8.2 y 8.2 ppm respectivamente.

### 3.2 Observaciones

Durante el desarrollo de los bioensayos, se realizaron observaciones sobre los efectos que presentaban los organismos sometidos a las diferentes concentraciones del DDVP, excluyendo en este caso la mortalidad; en virtud del número de cámaras de prueba utilizadas en los experimentos no fue posible realizar observaciones en todas ellas, con lo cual la información que en seguida se presenta se refiere a situaciones particulares y en algunos casos, por la evidente conducta anómala fácilmente percibida en los organismos experimentales, los datos son globales.

Culex sp. Después de agregar el DDVP, al frasco, las larvas incrementaron su actividad, desplazándose con mayor rapidez y frecuencia a la superficie del agua. Sus movimientos eran erráticos, minutos más tarde caían al fondo del frasco, algunos inmóviles y otros contorsionándose violentamente.

Belostoma sp. Al inicio de los experimentos, una vez agregado el insecticida, los insectos se desplazaron con mayor rapidez y con dirección errática, más tarde caían inmóviles al fondo de la cámara de prueba, apreciándose sacudimientos irregulares de sus patas.

Macrobrachium acanthurus. Las observaciones sobre el efecto del DDVP en esta especie se presentan a continuación y corresponden a la prueba definitiva.

Después de agregar el insecticida los organismos muestran excitación. A la primer hora de exposición se desplazan rápidamente, pierden el equilibrio y se posan en el fondo del acuario, moviendo las antenulas, antenas y apéndices locomotores. A partir de las tres horas de exposición permanecen inmóviles en el fondo de la cámara de prueba.

Crassostrea virginica. De la prueba exploratoria se observó en los organismos que no presentaron alteración visible que permitiera inferir algún efecto del DDVP, es decir las manifestaciones de los individuos de los lotes testigo y experimentales fueron semejantes, manteniendo una actividad normal en el movimiento de

las valvas, alternadas abiertas y cerradas, y su actividad branquial, según los criterios establecidos para determinar algún efecto.

En la prueba definitiva, cuyas dosis utilizadas fueron de 15 a 35 ppm, se apreció en las cámaras de prueba con 20 a 35 ppm un aletargamiento de los ostiones en el que mantenían las valvas entreabiertas y disminuyó la actividad branquial. Al término de la prueba los organismos fueron sumergidos en agua ligeramente caliente y todos ellos respondieron positivamente al estímulo, constatando que estaban vivos.

En la prueba con reposición, se observó que a partir de la tercera reposición, en todos los lotes experimentales, los organismos presentaron aletargamiento, siendo más evidente en las concentraciones de 20 a 30 ppm, continuamente los ostiones arrojaban, por medio de sus sifones exhalantes, pequeñas cantidades de detritus, que quedaban en los bordes de las valvas.

Cichlasoma gadovii. Los síntomas que mostraron los peces en las pruebas, según el tiempo de exposición y

la concentración del DDVP, se pueden agrupar y generalizar como efectos encontrados en los sujetos de experimentación debido a esos dos factores, en seguida se presentan los síntomas observados en los peces según orden de aparición: contracciones, pérdida del equilibrio, arqueado del cuerpo, nado de lado con dificultad, reposo excesivo en el fondo del acuario, movimientos lentos del opérculo branquial, hipersensibilidad con contracciones violentas (como respuesta a estímulos mecánicos), nado rápido zigzagueante y finalmente inmovilidad del opérculo branquial, boca abierta desmesuradamente y sin respuesta a estímulos mecánicos.

Tilapia sp. Las observaciones sobre el efecto del DDVP en la prueba definitiva fueron las siguientes: durante las primeras tres horas los peces no mostraron anomalía en la conducta, después de este tiempo en la dosis de 10 ppm las tilapias reposan excesivamente en el fondo del acuario, manifiestan pérdida del equilibrio y "bradipnea".

En la prueba con reposición se observó en los lotes experimentales que los organismos presentaban un nado zigzagueante, pérdida del equilibrio, movimientos

lentos del opérculo branquial, hipersensibilidad y contracciones violentas, todos estos síntomas se fueron presentando en los organismos sujetos a experimentación, más tarde o más temprano dependiendo de la dosis de DDVP y el tiempo de exposición.

Cabe hacer notar que algunos peces del lote testigo murieron, en este caso, salían previamente a la superficie del agua y más tarde nadaban con dificultad, para finalmente reposar en el fondo del acuario.

Ictalurus punctatus. Los síntomas observados en los organismos de los acuarios experimentales en las pruebas exploratoria y definitiva fueron semejantes. Al agregar el DDVP al acuario y durante los primeros 30 minutos no ocurrieron cambios en la conducta de los peces, nadan en grupo y cerca de las paredes del acuario. Conforme pasa el tiempo se dispersan, nadan aislados, sobre el fondo y empiezan a perder el equilibrio y caen de lado zigzagueantes, experimentan "bradipnea" y mantienen la boca abierta. En algunos hay contracciones violentas, otros reposan en el fondo o nadan violentamente desplazándose con la boca pegada al fondo del acuario. Al ser golpeadas las paredes del

acuuario los peces son estimulados y nadan rápidamente.

Por otra parte los organismos de los lotes testigo, en las pruebas, no experimentaron ningún cambio.

## CAPITULO 4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Culex sp.

Como se desprende de los resultados mostrados en las tablas 10 y 11 y las gráficas 4 y 5, la LD<sub>50</sub> para las mismas concentraciones (0.03, 0.09 y 0.1 ppm) a tres horas de exposición son diferentes, como sigue: 10% y 2.9% de mortalidad, 70% y 23.8% de mortalidad y 75% y 37.5% de mortalidad respectivamente.

Aunque en ambos bioensayos se estableció la LD<sub>50</sub>, cabe hacer notar que en el primero de ellos los organismos colectados y empleados en la prueba estaban adheridos a rocas del fondo del arroyo y fueron desprendidos para incorporarlos a las cámaras, en el segundo bioensayo los organismos fueron depositados, junto con las rocas, en los frascos. Por lo que se estima que la diferencia tan notoria, más bien se debe a deficiencias en el manejo de los organismos para el primer caso.

Otro punto a considerar es que la condición de bioensayo estático, sin aereador, aunque fue una variable común a todos los lotes, testigos y experimentales, influyó sumado al manejo de los culicidos, por lo que en el segundo bioensayo se tuvo a



las 20 horas una mortalidad del 50% en el lote testigo. Es pertinente hacer notar que en el segundo bioensayo se tuvo una mayor población de larvas, así como dos repeticiones para cada dosis aplicada.

De conformidad con los resultados del lote testigo, en la segunda prueba, se considera que Culex sp. no es adecuado para ser utilizado como indicador en condiciones de laboratorio, su colecta y manejo limitan su empleo como animales de bioensayo.

#### Belostoma sp.

Al comparar los resultados de las dos pruebas, ver tablas 12 y 13 y las gráficas 6 y 7, se observa que en las dosis de 0.09 y 0.2 ppm, que se ensayaron en ambos experimentos, la mortalidad es de 25% y 30% y 75% y 30% respectivamente, en el primer caso la mortalidad es similar y en el segundo caso es más del doble, sin embargo la mortalidad para la dosis de 0.2 ppm a las cinco horas es de 73.3%, por lo que se deduce que entre tres y cinco horas, para este caso, se presenta un incremento notable en la mortalidad.

Probablemente la diferencia entre los resultados de los dos lotes para 0.2 ppm, a las tres horas, esté

relacionada con el abatimiento diferencial de oxígeno, del cual no se tiene registro, y la diferencia de estado de desarrollo de los organismos, al utilizar ninfas y adultos, aunque se trató de randomizar las muestras, es decir uniformizar hasta donde fue posible las tallas, esto no pudo ser exacto.

Por otra parte, es notorio en las gráficas que para cada concentración existe un tiempo definido en el cual se incrementa significativamente la mortalidad, por ejemplo: con 0.03 ppm a las cinco horas de un 13.6% de mortalidad pasa en tres horas más a 57.3%, y con 0.05 ppm de 20% de mortalidad a las cinco horas pasa al 82% a las ocho horas.

Así mismo, la degradación que sufre el DDVP, conforme transcurre el tiempo, disminuye su efectividad, encontrándose incrementos menores en la mortalidad en plazos más prolongados.

#### Macrobrachium acanthurus.

De acuerdo con los resultados del primer bioensayo que muestra una LD<sub>50</sub> a 90 minutos entre el rango de 4 a 6 ppm, se procedió a correr una prueba definitiva con dosis de 0.5, 1, 3 y 5 ppm a 24 horas de exposición.

Al comparar los resultados de los dos bioensayos, ver tablas 14 y 15 y las gráficas 8 y 9, se observa que a 90 minutos de exposición con 4 ppm el porcentaje de mortalidad es similar al logrado en dos horas con concentraciones de 3 y 5 ppm.

De la misma forma como ocurrió con los insectos, existe un incremento progresivo en la mortalidad conforme pasa el tiempo, dicho incremento no es proporcional y cada vez es menor de acuerdo a la tasa de degradación del insecticida. Al analizar los demás resultados se aprecia una relación entre mortalidad y concentración. Las dosis de 0.5 y 1.0 ppm a las 12 y 24 horas presentaron el mismo porcentaje de mortalidad.

Los resultados parecen coherentes, salvo que las dosis de 2, 4 y 6 ppm a una hora para el primer bioensayo muestran mortalidad, mientras que en ningún caso del segundo bioensayo en el mismo tiempo hay mortalidad.

Las diferencias entre los resultados podrían deberse a la variación en peso y talla de los organismos, que no fueron controladas por medio de instrumentos; por otra parte cabe recordar que en las

cámaras de prueba de 100 litros de volumen sólo se utilizó 25 litros de agua y el resto estuvo ocupado por aire, lo que también pudo influir en los resultados al propiciar una mayor hidrólisis del DDVP en presencia de oxígeno.

Los resultados muestran que Macrobrachium acanthurus también es sensible al DDVP, al igual que en los insectos el insecticida actúa como un veneno colinérgico, afectando la neurotransmisión sináptica, aunque las dosis para lograr la LD<sub>50</sub> son superiores a las encontradas en aquellos.

#### Crassostrea virginica.

Como ya se expuso, ver tablas 17 y 18, en ningún caso se produjo mortalidad en los ostiones, con ellos precisamente se utilizaron dosis muy altas, hasta 35 ppm y con reposición en una de las pruebas, y tiempos de exposición de 24 y 48 horas.

Considerando los resultados de los bioensayos, se aprecia que a las mismas dosis los efectos sobre los organismos son semejantes, y que a las concentraciones de 20 a 35 ppm se alcanzó la EC<sub>50</sub>.

Cabe hacer notar que fue utilizada agua salobre y que en ésta el DDVP tiene una degradación específica, ésto sumado a las características fisiológicas de los individuos, que los caracteriza como organismos resistentes a la contaminación, actuaron sinérgicamente definiendo el que no se haya encontrado mortalidad alguna.

Se piensa que los ostiones pueden ser los más resistentes de los organismos acuáticos ensayados, por que son filtradores, logran incorporar gran cantidad de microorganismos, como bacterias, que también participan en la hidrólisis del DDVP, además de la hidrólisis normal que tiene este insecticida en presencia de agua, por estos motivos es difícil pensar que los ostiones acumulen el tóxico en sus tejidos.

#### Cichlasoma gadovii.

Con estos organismos se ensayaron concentraciones de DDVP desde 2 ppm, mínima, hasta 50 ppm, máxima, y se registró mortalidad a 3.5, 24 y 48 horas, ver tablas 19, 20 y 21 y gráficas 11, 12 y 13.

En el máximo tiempo de exposición se localizó la LD<sub>50</sub> en 8 ppm; a las 24 horas de exposición el 50% de

mortalidad se ubicó en concentraciones entre 20 y 30 ppm y en el menor tiempo, 3.5 horas, el 50% de mortalidad se alcanzó con 35 ppm.

El primer caso se interpreta como una exposición prolongada con dosis pequeñas, el segundo sería, por los resultados similares en la LD<sub>50</sub> encontrada, comparable con el tercero, tiempos de exposición cortos y altas concentraciones.

Según los resultados de los bioensayos, esta especie es la más resistente al DDVP entre los peces ensayados, su LD<sub>50</sub> se estima en 25 ppm, su EC<sub>50</sub> entre 8 y 10 ppm, que es la concentración en la cual estos organismos son hipersensibles y propensos a morir por otras causas diferentes al efecto del DDVP, por ello la primer prueba se dejó correr 48 horas. Mientras los peces permanezcan sometidos a dosis entre 8 y 10 ppm no se alcanzará la LD<sub>50</sub> por efecto del insecticida y por lo tanto los organismos que sólo alcanza la EC<sub>50</sub> sin llegar a la LD<sub>50</sub> logran recuperarse pasado el efecto del DDVP como ocurrió en el primer bioensayo.

Tilapia sp.

Con relación a los resultados mostrados en la tabla 22 y la gráfica 14 para el bioensayo definitivo, a las 12 horas no se alcanzó una mortalidad del 50% en ninguna de las concentraciones, al comparar esos resultados con los obtenidos en la prueba con reposición a las 12 horas para concentraciones de 2 a 10 ppm, ver tabla 23 y gráfica 15, se observa que en esta última si se obtuvo una mortalidad de 50% o mayor a partir de 6 ppm.

Las diferencias encontradas son en razón de que las tilapias utilizadas en la primer prueba fueron de una talla mayor, 18 a 22 cm, que las empleadas en la segunda prueba, 3 a 5 cm.

Por otra parte los resultados de la prueba con reposición deben tomarse con reserva, ya que la mortalidad de los peces del lote testigo, debido al manejo inadecuado durante el transporte al laboratorio, alcanzó un 25% al final de la prueba.

Conviene recordar que la reposición del 25% de DDVP se hizo cada seis horas, la idea fue mantener una concentración sostenida, es decir, conociendo la tasa

de degradación del insecticida en agua dulce purificada se calculó la tasa de reposición, por lo que la mortalidad registrada en los lotes experimentales pudo haber tenido su origen fundamentalmente a partir del DDVP, aunque no se descarta definitivamente la influencia por el manejo inadecuado de los peces.

#### Ictalurus punctatus.

De los resultados de la primer prueba, vease la tabla 24 y la gráfica 16, se desprende que las dosis de 2, 4 y 6 ppm no causaron mortalidad del 50%, mientras que las concentraciones de 8 y 10 ppm sí, a partir de una hora y hasta el término del bioensayo no varió, manteniéndose constante en 70% y 90% correspondientemente. Al comparar estos resultados con los de la segunda prueba, ver tabla 25 y gráfica 17, en la que se repitieron dos dosis del primer bioensayo, 8 y 10 ppm, se observan diferencias importantes para estos dos casos; primero con 8 ppm la máxima mortalidad alcanzada fue 46.6% a las 14 horas y con 10 ppm al término de una hora se alcanzó el 65% de mortalidad, misma que no varió al finalizar la prueba. Cabe mencionar que con una dosis de 9 ppm la mortalidad del 55% se logró al cabo de una hora.



A pesar de las diferencias en los resultados de las dos pruebas, en las que pudo influir la diferencia en talla y peso de los individuos; con respecto a Cichlasoma gadovii y Tilapia sp. Ictalurus punctatus resulta ser más sensible al efecto del DDVP, se estima que su LD<sub>50</sub> se encuentra entre los rangos de 6 y 8 ppm y desde luego su EC<sub>50</sub> será menor todavía. Si los bagres no alcanzan la LD<sub>50</sub> logran recuperarse después de suspendida la exposición al insecticida.

## CONCLUSIONES

Para las especies de prueba la LD<sub>50</sub> se presentó entre los rangos de 0.075 ppm, mínima, para Culex sp., y 25.5 ppm, máxima, para Cichlasoma gadovii.

A nivel de los grupos ensayados los artrópodos son los más sensibles al efecto del DDVP, entre ellos los crustáceos son más resistentes que los insectos y de éstos últimos Culex sp. es más sensible que Belostoma sp.

Los peces son más resistentes que los artrópodos, la LD<sub>50</sub>, mínima, encontrada fue de 7.1 ppm para Ictalurus punctatus y la máxima 25.5 ppm para Cichlasoma gadovii, es decir la LD<sub>50</sub> se presenta con una concentración entre 10 y 100 veces mayor que la de los insectos y de 10 veces mayor con relación a los crustáceos.

Entre los peces Cichlasoma gadovii es más resistente que las otras dos especies estudiadas y la más sensible resultó Ictalurus punctatus.

Por lo que se refiere a Crassostrea virginica, fue la especie más resistente de todos los organismos de

prueba, con las concentraciones ensayadas no se alcanzó la LD<sub>50</sub>.

Las dosis agudas y subagudas de DDVP utilizadas en este estudio y los resultados obtenidos, permiten establecer que el insecticida causa efectos en los organismos acuáticos utilizados, que se manifiestan en mortalidad de sus poblaciones, con excepción de Crassostrea virginica, y alteraciones temporales tanto de la coordinación como de la conducta de los organismos, lo cual depende de la concentración y el tiempo de exposición, pero que en todo caso su efecto es menos agresivo que otros insecticidas organofosforados.

Como ya se dijo, la mortalidad se ve influida por la concentración del DDVP y el tiempo de exposición como sigue: a mayor concentración de DDVP la LD<sub>50</sub> se alcanza en menor tiempo de exposición y a menor concentración la LD<sub>50</sub> se alcanza, si se presenta, en mayor tiempo de exposición.

En todos los casos el comportamiento del DDVP sigue el mismo patrón, inicia una mortalidad que se va incrementando conforme transcurre el tiempo, encontrándose un punto en el cual se incrementa

notoriamente (cambio máximo en la mortalidad), por lo cual la mortalidad no es proporcional, y en seguida disminuye, es decir el número de organismos muertos que se suman va siendo menor hasta un punto en el que cesa. Los organismos que no mueren logran recuperarse después de suspender la exposición del insecticida.

- Alvarez del Villar, José. 1970. Peces Mexicanos (claves). Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. SIC. 160 p.
- American Public Health Association, (APHA). 1976. Standard Methods for the Examination of Water and Waster. 14th. edition. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D.C. 1193 p.
- American Public Health Association, (APHA). 1980. Standard Methods for the Examination of Water and Waster. 16th. edition. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington, D.C. 1134 p.
- Anderson, B. G. 1945. Science, 102:539.
- Areens, E. J., et al. 1978. Introducción a la Toxicología General. Diana, México.
- Attfield, G. J. y D. A. Webster. 1966. "Dichlorvos. Chemistry and Industry". En Shell Chemical Company Vapona Technical Information, pp 272-278.
- Avila, G. J. 1982. "Descripción de un Bioensayo Estático para evaluar la Toxicidad Relativa del Petróleo Crudo y Dispersante sobre Penaeus duorarum duorarum". Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. México. 133 p.
- Barbera, C. 1967. Pesticidas Agrícolas. Omega. Barcelona, España.
- Beynon, T. y B. Cowell. 1974. "Discusion". En: Ecological Aspects of Toxicity Testing of Oil and Dispersant. (Beynon, T. y Cowell, B., Ed.). Applied Science Publisher Ltd., London.
- Bland, R. G. y H. E. Jaques. 1978. How to Know the Insects. 3a. Edicion. The Picture Key. Nature Series. Wm. C. Brown. Company Publishers. Dubuque, Iowa. 409 p.
- Blas, L. 1961. Química de los Insecticidas. Aguilar, Madrid, España.
- Borror, J.D., et al. 1970. An Introduction to the Study of Insects. 4a. Edition. Holt, Rinehart and Winston, New York. 852 p.

- Bram, R. A. 1967. Classification of Culex subgenus Culex in the new world (Diptera: Culicidae). Proc. U. S. Natl. Mus., 120 (3557): 1-122.
- Brown, V. 1973. "Concepts and Outlook in Testing the Toxicity of Substances to Fish". En: Bioassay Techniques and Environmental Chemistry. (Glass, G., Editor). Ann. Arbor Science Publishers, Inc., Ann. Arbor, Michigan. pp 73-76.
- Buikema, L.A., et al. 1982. Biological Monitoring. Part IV-Toxicity Testing. Water Res., 16:239-262.
- Butler, A. P., et al. 1963. Laboratory Studies and Toxicology. Commercial Fisheries Investigations. Division of Biological Research. Bureau of Commercial Fisheries. p 11-25.
- Butler, A. P., et al. 1964. Acute and Chronic Toxicity Studies. Commercial Fishery Investigations. Division of Biological Research. Bureau of Commercial Fisheries. p 5-28.
- Calvin, J.G. 1972. Our Chemical Environment. Calvin, J. G. y Manus, B.M. editores. The University of Utha, USA.
- Casida, J. E. 1962. Metabolism of 2,2 Dichlorovinyl Dimethyl Phosphate in Relation to Residues in Milk and Mammalian Tissues. Agric. and Food Chem., 10:370-377.
- Cesta. 1970. En: Edwards, C. A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edicion. C.R.C. Press. New York.
- Chadwick, Bracksen. 1969. En: Edwards, C. A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edicion. C.R.C. Press. New York.
- Choudhoury, P. C. 1970. Complete Larval Development of the Palemonid Shrimp, Macrobrachium acanthurus (Wiegmann, 1836) Reared in the Laboratory. Crustacean 18: 113-132.
- Cope. 1961. En: Edwards, C.A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edicion. C.R.C. Press. New York.

- Cope, B. O., et al. 1963. Laboratory Studies and Toxicology Sport Fishery Investigations. Branch of Fishery Research. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. p 26-42.
- Craddock, R. 1977. "Acute Toxic Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Organisms". En: Effects of Petroleum on Arctic and Subarctic Marine Environment and Organisms, 2, (Malins, C., Editor). Academic Press, Inc. New York. pp 1-94.
- Doudoroff, P., et al. 1951. Bio-assay for the Evaluation of Acute Toxicity of Industrial Wastes to Fish. Sew. Ind. Wastes, 23:1380-1397.
- Dupont. 1988. "Guía para el Manejo Seguro y Aplicación de Plaguicidas". Dupont, México.
- Durham, W. F., et al. 1959. Toxicological Studies of 0,0-Dimethyl 2,2-Dichlorovinyl Phosphate (DDVP) in TobaccoWarehouses. A.M.A. Arch. Ind. Health, 20:202-210.
- Edwards, C. A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment 2a. Edicion. C.R.C. Press, New York.
- Engel, R. H., et al. 1970  
Rome, 12:28.
- F.A.O. European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC). 1975. Report on Fish Toxicity Testing Procedures. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. Technical Paper 24. 26 p.
- Galtsoff, P. S. 1964. The American Oyster Crassostrea virginica Gmelin. US, Bur. Commercial Fisheries, Fish. Bull., 64: 1-45, 219.
- Grosch, D. S. 1967.  
Science, 55:592.
- Gutierrez, L. E. 1983. "Caracterización Tóxica de Algunos Efluentes Industriales Mediante Bioensayos Estáticos con Renovación". Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. México. 64 p.

- Harrington, R. W. y J. Bidlingmayer. 1958.  
J. Wildlife Manage, 22:76.
- Hastings, E., et al. 1961.  
Ann. Ent. Soc. Amer., 54:436.
- Hodges, L. 1973. Environmental Pollution.  
 Holt, New York.
- Hopkins, C. L., et al. 1966.  
N. Z. J. Sci., 9:236.
- Hunt, E. G. y A.I. Bishoff. 1960.  
Calif. Fish. Game, 46:91.
- Hurt, D. E. y B. Pharm. 1966. "DDVP a Pesticide of Considerable Potential". En: Shell Chemical Company Vapona Technical Information.
- Ivey, M. C. y J. L. Eschle. 1970. Residues of Dichlorvos in Milk and Tissues of Dairy Cows Treated to Control Insect Pest. Jour. Econ. Ent., 63 (6):1729-1730.
- Jensen, L.D. y A. R. Gaufin. 1964.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 93:357.
- Keith y Hunt. 1966. En: Edwards, C. A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edition. C.R.C. Press, New York.
- Lauck, D. R. y A. S. Menke. 1962. The Higher Classification of the Belostomatidae (Hemiptera). Ann. Ent. Soc. Amer., 54: 644-657.
- Lauck, D. R. 1962/1964. A Monograph of the genus Belostoma (Hemiptera). Part I-III. Bull. Chicago Acad. Sci., 11 (3-5): 34-152.
- Lehmkuhl, D. M. 19 . Aquatic Insects.  
 The Picture Key. Nature Series. Wm. C. Brown. Company Publishers. Dubuque, Iowa. p.
- Loosanoff, V.O. 1960. En: Edwards, C.A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edition. C.R.C., Press New York.



- Lowe, J. I. 1964.  
Ecology, 52:120.
- Lowe, J. I. 1965.  
Ecology, 46:899.
- Lowe, Wilson, Davison. 1970.  
Ecology, 32:208.
- Macek, K. J. y H. O. Sanders. 1970.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 99:89.
- Martinez, A. L. 1982. "Estudio Sobre los Efectos de los Residuos de Plaguicidas en la Biota Acuática". Tesis Prof. Fac. Ciencias, UNAM. Mexico. 109 p.
- Metcalf, L. C. y W. P. Flint. 1979. Insectos Destructivos e Insectos Utiles. CECSA, México. pp 421-518, 1101-1102, 1173.
- Naqvi, S. M. y D. E. Ferguson. 1970.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 99:696.
- Nicholson, H. P., et al. 1962.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 91:213.
- Nimmo, D. R., et al. 1970.  
Bull. Environ. Contam. Toxicol., 5:333.
- O' Brien, R. D. 1967. Insecticides: Action and Metabolism. Academic Press, New York. pp 70-77, 282-283.
- Peltier, W. 1978. Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Aquatic Organisms. EPA-600/4-78-012. Cincinnati, Ohio, USA. 52 p.
- Reinert. 1967. En: Edwards, C. A. 1973. Persistent Pesticides in the Environment. 2a. Edicion. C.R.C. Press. New York.
- Richards, A. G. y L. K. Cutkomp. 1946.  
Biol. Bull., 90:97.

- Sanders, H. O. y O. B. Cope. 1966.  
Trans. Amer. Fish. Soc., 95:165.
- Shell Chemical. 1966. "Agricultural Chemical Technical Information. Vapona. Determination of the Cholinesterasa Activity in Blood". En: Shell Chemical Company Vapona Technical Information.
- Shell Chemical. 1963. "Agricultural Chemical Technical Information. Vapona Physical and Chemical Properties". En: Shell Chemical Company Vapona Technical Information.
- Shell Chemical. 1966. "Agricultural Chemical Technical Information. Vapona. Residue Data. Crop Residues". En: Shell Chemical Company Vapona Technical Information.
- Shell Chemical. 1966. "Agricultural Chemical Technical Information. Vapona. Toxicology. Toxicity to Laboratory Mammals". En: Shell Chemical Company Vapona Technical Information.
- SDSU. 1981. Aquatic Biota of Tropical South America. Part I. Arthropoda. Hurlbert H.S., G. Rodriguez y D. N. Santos Editores. San Diego States University, San Diego California, USA. 323 pp.
- Smittle, J. B. y G. S. Burden 1965. Dichlorvos as a Vapour Toxicant for Control of Roaches, Bedbugs and Fleas. Pest Control, 33 (10).
- Sprague, J. B. 1973. The ABC's of Pollutant Bioassay Using Fish. En Biological Methods for the Assessment of Water Quality. Am. Soc. Test. Mater., Spec. Tech. Publ., 528:6-30.
- Stone, A. 1970. A Synoptic Catalogo of the Mosquitoes of the World, Supplement IV (Diptera: Culicidae). Proc. Ent. Soc. Wash., 72 (2): 137-171.
- Strobbe, A. M. 1973. Origenes y Control de la Contaminación Ambiental. CECSA, México. p.
- U. S. Department of Health, Education and Welfare. 1969. "Report of the Secretary Commission of Pesticides and their Relationship to Environmental Health". Partes I y II. Washington, D.C.

- U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1974. "Bioassay in Water Quality Analysis and Effluent Monitoring". Training Manual.
- U. S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1978. "Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Aquatic Organism". 600/4-78-012.
- U. S. Dept. of Interior. 1964. "Report on DDVP. Toxicity to Fish, Snails and Shrimp". Fish and Wildlife Service.  
No publicado.
- U. S. Dept. of Interior. 1963. "Report on DDVP. Toxicity to Fish, Oysters and Shrimp". Fish and Wildlife Service.  
No publicado.
- Warren, CH. E. 1971. Biology and Water Pollution Control.  
W. B. Sanders Company, Philadelphia. p.
- Waugh, G. D. y A. Ansell. 1956.  
Ann. Appl. Biol., 44:619
- Whitten, B. K. y C. J. Goodnight. 1966.  
J. Water Pollut. Contr. Fed., 42 (1544).