



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

IZTACALA

“EFECTO DEL TOXICO CLORURO DE MERCURIO

EN LOS PECES *Poecilia Reticulata* EN DIFERENTES

ETAPAS DE DESARROLLO (CRIAS, JUVENILES Y ADULTOS)”

T E S I S

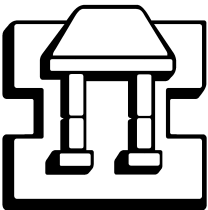
PARA OBTENER TITULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A :

CARREON COCA MIGUEL FRANCISCO

DIRECTORA DE TESIS: M. EN C. ALBA MARQUEZ ESPINOZA



LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. MÉXICO

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

A FAMILIA, POR QUE SIEMPRE ME BRINDAN EL APOYO PARA LO QUE PRETENDO REALIZAR EN ESPECIAL A LAS PERSONAS QUE MÁS QUIERO Y ADMIRO, MIS PADRES, MIGUEL CARREÓN CERÓN Y MARIA LUISA COCA SANCHEZ

A MI PADRE: POR SU AYUDA Y EJEMPLO POR HABERME DADO TODO INCONDICIONALMENTE, POR CONTRIBUIR AMI FORMACIÓN Y SER MI AMIGO MUCHAS GRACIAS

A MI MADRE: POR SU CARIÑO Y ESFUERZOS REALIZADOS PARA SER LA GUIA DE MI FAMILIA, POR SIEMPRE TENER UN CONSEJO Y ENSEÑARME EL VALOR DEL AMOR Y EL RESPETO

A MI HERMANA ROCI: POR EL AMOR Y CARIÑO QUE SIEMPRE TIENES Y POR EL APOYO QUE SIMPRE ME BRINDAS

A MI HERMANA BETY: POR TODOS LO QUE HEMOS APRENDIDO JUNTOS, POR FORMAR PARTE MI, POR COMPARTIR SIEMPRE EN ESOS MOMENTOS DE DICHA Y AMARGURA Y POR TU CARIÑO

AGRADECIMIENTOS

Á MI MAESTRA

A MI DIRECTORA DE TESIS: M. en C. ALBA MÁRQUEZ ESPINOZA POR DIRGIR ESTE TRABAJO SIEMPRE BRINDÁNDOME SU AYUDA, POR DARMER UN APOYO QU E HA ME AYUDADO POR A MI FORMACIÓN PERSONAL Y PERO SOBRE TODO POR DARMER SU AMISTAD, MUCHAS GRACIAS

A MIS SINODALES

M. en C. MARIO FERNÁNDEZ ARAIZA, POR EL TIEMPO Y EL APOYO BRINDADOS QUE CONTRIBUYERON PARA PODER MEJORAR MI TRABAJO

AL M. en C. JOSE LUIS GAMA FLORES POR TODOS SUS COMENTARIOS, APOYO Y SOBRE TODO POR LA AMISTAD QUE SIEMPRE ME BRINDO EN TODO EL TIEMPO DE CONOCERNOS

AL M. en C. ÁNGEL DURAN POR LA AYUDA BRINDADA Y SUS COMENTARIOS PARA LA TERMINACIÓN DE ESTE TRABAJO

AL BIOL. OMAR ANGELES LOPEZ POR ESE APOYO Y POR HACER AGRADABLES SUS COMENTARIOS Y CONSEJOS GRACIAS

A TODOS MIS AMIGOS

MUCHAS GRACIAS POR COMPARTIR SUS ALEGRÍAS CONMIGO Y POR DARMÉ MOMENTOS MUY ESPECIALES EN MI VIDA: SAGRARIO MEJIA, SAUL AVELINO, LUCRECIA SUAREZ, ALEJANDRO CRISPIN

A LOS BUENOS COMPAÑEROS

TOÑO, JESÚS, ISRAEL, ADRIAN, RICARDO FERNANDO, GOYO, CHARLY, GUSTAVO, EDUARDO, ALVARO A TODOS USTEDES GRACIAS POR SU AMISTAD Y AYUDA

A MIS COMPAÑEROS DE CASA

DANIEL, BENJAMÍN, JUAN JOSE, JUAN CARLOS Y JUAN SALVADOR LES AGRADEZCO MUCHO TODA SU AYUDA Y TODO EL APOYO QUE ME BRINDARON EN TODAS LAS SITUACIONES QUE VIVIMOS POR HACER MÁS LIGERAS LAS Y AMENAS LAS SEMANAS QUE COMENZÁBAMOS JUNTOS

INDICE

	Pág.
• INTRODUCCIÓN _____	6
• ANTECEDENTES _____	13
• JUSTIFICACIÓN _____	17
• OBJETIVOS _____	18
• MATERIAL Y METODOS _____	19
• RESULTADOS _____	22
• ANÁLISIS Y DISCUSIÓN _____	28
• CONCLUSIONES _____	33
• BIBLIOGRAFIA _____	34

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se define como el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. La actividad de cultivo presupone la intervención del hombre controlando las condiciones del medio acuático, en el proceso de cría para aumentar la producción con diferentes fines (económicos, alimenticios o de investigación). La cría de los peces de ornato data de hace poco más de 1000 años en China en donde el legendario chino Fan-Li que vivió en el siglo V criaba carpas doradas *Carassius sp.* en pequeños estanques y en la actualidad se ha convertido en un agradable pasatiempo para miles de personas en el mundo (Bardach y Ryther 1982).

Desde la aparición del hombre éste ha utilizado el agua como medio para eliminar sus desechos líquidos y sólidos. Al paso del tiempo, el aumento demográfico, la urbanización y la industrialización han traído como consecuencia el aumento de la producción de desechos, que al ser vertidos en aguas naturales, van deteriorando paulatinamente su calidad, creando múltiples problemas con relación al ambiente. Provocando alteraciones irreversibles sobre la flora y fauna del lugar, y sobre el hombre mismo. (Alcántara, Espina.1993)

A partir de la Revolución Industrial el hombre empleo sustancias químicas, en sus diferentes actividades, en las que son utilizados compuestos químicos como fertilizantes y biocidas. De los primeros, los compuestos nitrogenados como el amonio y el nitrato, son los más usados y los segundos, químicos formados por diferentes compuestos entre ellos metales (mercurio, arsénico y plomo). (Ángeles, 2002).

Los principales contaminantes del agua son compuestos orgánicos que demandan oxígeno debido a su descomposición, productos químicos, incluyendo pesticidas, insecticidas y diversos productos industriales como lo son los tóxicos (mercurio, arsénico y plomo), los cuales son perjudiciales para los organismos acuáticos (Gutiérrez, 1989). Estas sustancias deterioran la calidad del agua y la hacen tóxica, afectando el desarrollo de organismos acuáticos incluidos los peces ya que todas las funciones vitales de estos, como la alimentación, digestión, asimilación, crecimiento, respuesta a estímulos y reproducción, se desarrollan en este medio (Lagler, 1984).

Los daños que estos compuestos tóxicos producen en los organismos acuáticos, son la disminución de hematocitos, eritrocitos y niveles de proteína en la sangre, además de afectar órganos como el hígado, branquias, corazón, gónadas (Alcaraz y Espina 1993).

El agua es el componente esencial del equilibrio de los sistemas naturales y por lo tanto, determinante en el mantenimiento de las comunidades biológicas y puede afectar las primeras etapas de desarrollo de los peces y también la cadena alimenticia ya que los peces pequeños sirven de alimento a peces grandes y a otros organismos, la respuesta de estos organismos a los contaminantes depende además de su concentración de los factores de la especie, el comportamiento la condición fisiológica y el tamaño del organismo además de la interacción con los factores ambientales tales como la temperatura, pH o la composición química del agua (Alcántara, Espina.1993)

Existen características bióticas y abióticas que actúan como factores modificantes de la toxicidad. Las bióticas incluyen aspectos inherentes al organismo, como la especie (alga, pez, crustáceo, molusco), el estadio de vida (larva, cría, juvenil y adulto), el estado nutricional y de salud. Las abióticas principalmente son las características fisicoquímicas del agua entre las que se encuentran la temperatura, pH, concentración de oxígeno disuelto, salinidad y nutrientes (Gutiérrez, 1989).

Los metales pesados en su conjunto pueden ser contaminantes del ambiente, cada uno actúa independientemente causando diferentes problemas. Los metales disueltos en el agua, producen generalmente sofocamiento en los peces, debido a los precipitados o coágulos de mucoproteínas sobre el epitelio branquial, esto constituye un bloqueo del intercambio gaseoso, la excreción de productos de desecho y la osmorregulación.

El mercurio es uno de los contaminantes más peligrosos por su capacidad de biomagnificación; es decir, sus efectos se acumulan y se transmiten de unas especies a otras. La contaminación de mercurio, se debe principalmente a desprendimientos y el desgaste de la corteza terrestre las emisiones volcánicas y por la evaporación de aguas de superficie naturales. La explotación minera mundial del metal conduce a las descargas indirectas en la atmósfera. El uso del mercurio es extenso en procesos industriales y en algunos productos de uso cotidiano (baterías, lámparas y termómetros). También es utilizado extensamente en odontología como amalgama para los rellenos y por la industria farmacéutica.

Las fuentes de mercurio en el ambiente son en su inmensa mayoría industriales y derivadas de procesos de incineración, quema de combustibles fósiles y centrales eléctricas. Actividades como la combustión de carbón, los procesos en que se usa dicho elemento y la incineración o rotura de productos que contienen mercurio han contribuido a un incremento mundial de dos a cinco veces el mercurio acumulado desde el nacimiento de la era industrial. Las fábricas lo desechan y se deposita en el sedimento de ríos, lagos, etc., donde las plantas lo absorben. Los organismos herbívoros que se alimentan de ellas a la vez que se contaminan lo transmiten a los peces de la zona y demás animales de las cadenas alimenticias acuáticas como las aves y mamíferos. Este fenómeno que se mencionó anteriormente como biomagnificación se debe a que el mercurio que absorbe en los organismos vivos, ya sea plantas o peces, pero no se elimina sino que se va acumulando en sus tejidos (Gochfeld M., 2003).

Los bioensayos han demostrado ser bastante adecuados y recomendables en la evaluación de la toxicidad aguda de muestras ambientales (agua, sedimento y efluentes industriales) principalmente en las fases de selección e identificación de las áreas más críticas en aquellos casos en que no se exige someter a tales muestras a bioensayos convencionales o sofisticados análisis químicos. Muchos de estos ensayos son rápidos, sensibles, económicos y reproducibles, habiendo presentado buena concordancia con los resultados obtenidos en peces y *Daphnia magna* con la ventaja de la rapidez en la obtención de los resultados y con menor costo, En investigaciones toxicológicas se debe conocer la concentración letal media en un tiempo determinado a través de exposiciones al tóxico, así como evaluar los efectos de toxicidad para generar criterios que formulen estándares legales de calidad de agua. Los efectos a una exposición de

contaminantes de los organismos pueden ser letales ya que al ser vertidos accidentalmente, y la concentración elevada de estos tóxicos pueden dañar las poblaciones y las comunidades, al alterar las funciones del organismo lo que ocasionaría problemas en sus ecosistemas (Núñez, 1998)

BIOLOGÍA DEL PEZ GUPPY (*Poecilia reticulata*)

Los guppys son pequeños peces dulceacuícolas tropicales, ovovivíparos y por lo tanto de fecundación interna, pertenecen a la familia Poecillidae del orden de los Cyprinodontiformes, generalmente nunca sobrepasan los seis cm. de longitud y las hembras son mas grandes que los machos. Tienen la boca oblicua, ojos grandes, dorso deprimido y el pedúnculo caudal alto y lateralmente comprimido. Los primeros radios de la aleta anal en los machos están modificados a manera de estructura intromitente de forma alargada denominada gonopodio, el que presenta una ranura media en la que se deposita el esperma. Durante la fecundación, el gonopodio se dobla hacia delante y se introduce en el orificio genital de la hembra, la cual tiene la capacidad de almacenar el esperma hasta diez meses, por lo que pueden alumbrar varias generaciones de crías a partir de un solo apareamiento. En estado silvestre los machos presentan jaspeados o manchas negras dispuestas irregularmente, e irisaciones rojas, azules y verdes en los costados. Las hembras son menos llamativas, de color amarillo grisáceo o verdoso (Torres y Orozco, 1991)

El guppy se encuentra naturalmente en las Antillas Holandesas, Islas Venezolanas, Trinidad, Barbados y las Islas Leeward (St. Thomas y Antigua) y al occidente de Venezuela a Guyana, incluye el noreste de Venezuela, Margarita y Tobago como parte de su distribución actual. Este es una especie altamente popular de acuario y el segundo poecilido mas ampliamente introducido a nivel mundial; también ha sido empleado con el propósito de agente en el control del mosquito (Meffe y Snelson, op.cit)

Básicamente puede decirse que son omnívoros ya que se alimenta de larvas de mosquitos, de crustáceos , gusanos tubifex, larvas de peces, incluidas las propias, ya que presentan canibalismo filial, así como también de algas y plantas vasculares (Axelrod, 1994).

La reproducción del pez guppy es ovovivípara, el alevín queda inmediatamente libre para nadar después que la madre lo expulsa de su vientre. El ritual de apareamiento es casi constante. Una vez preñada la hembra parirá, entre las cuatro y seis semanas, entre 40 y 80 alevines vivos aunque el número de crías depende del tamaño de la madre. El ciclo de reproducción de la hembra, puede repetirse cada 4 o 5 semanas (Torres-Orozco, 1991).

SISTEMATICA DE LA ESPECIE (Álvarez, 1970)

Phylum: Chordata

Subphylum: Gnathostomata

Clase: Osteichthyies

Orden: Cyprinodontiformes

Suborden: Cyprinodontoidei

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Especie: *Poecilia Reticulata* (Peters, 1859)

Nombre común: Guppy



ANTECEDENTES

Se han desarrollado estudios de toxicidad de compuestos químicos y metales pesados en diferentes especies de organismos acuáticos, para determinar la CL_{50} y los daños que estos causan.

Maya (2004), Realizo estudios de toxicidad en el pez espada *Xiphophorus helleri*, en el cual determinó la concentración letal media ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$), en las diferentes etapas de desarrollo (crías, juveniles y adultos), obtenidos por el método estadístico PROBIT, y en el cual se observó que a menor talla es también menor la resistencia a la exposición al tóxico, ya que las crías presentan una ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$), (49 $\mu\text{g/L}$), los juveniles de (169 $\mu\text{g/L}$), y los adultos de (358 $\mu\text{g/L}$).

Ángeles (2002), desarrollo estudios de toxicidad en el pez "Oscar", *Astronotus ocellatus*, en el cual determinó la concentración letal media (CL_{50}), en 2 diferentes temperaturas a exposiciones agudas de Sulfato de Cobre en etapa juvenil, obtenidos a través del método PROBIT. Y en el cual se observó una reacción inversamente proporcional entre los factores (Temperatura y Concentraciones), teniendo que a menor temperatura 24 °C la CL_{50} es mayor .40 mg/l (400 $\mu\text{g/L}$), que a temperaturas más altas 32° C en donde la CL_{50} es más baja .16 mg/L (160 $\mu\text{g/L}$).

Viran R., *et. al.*, (2002), investigaron la toxicidad aguda de la "Delthmethrin" en guppys (*Poecilia reticulata*), por su capacidad de contaminante en ecosistemas acuáticos. Realizaron la concentración letal media ($CL_{50-48 \text{ hrs.}}$), con 6 concentraciones (1, 4, 6.60, 7.56, 8.64 y 10.8 $\mu\text{g/L}$) y su control, dando como resultado una $CL_{50-48 \text{ hrs.}}$ de 5.13 $\mu\text{g/L}$.

Polat H., *et. al.*, (2002), también realizó una investigación de toxicidad aguda de “Beta-cypermethrin” en guppys (*Poecilia reticulata*), por su capacidad de contaminante en ecosistemas acuáticos. Realizaron la concentración media letal (CL_{50-48 hrs.}), dando como resultado una CL₅₀ de 21.4 µg/L.

Baser S. *et. al.*, (2002), también realizó una investigación de toxicidad aguda de “Permethrin” en guppys (*Poecilia reticulata*), por su capacidad de contaminante en ecosistemas acuáticos. Realizaron la concentración media letal (CL_{50-48 hrs.}), dando como resultado una CL₅₀ de 245.7 µg/L.

Farkas, Salánki y Specziár (2002), investigaron la relación de las concentraciones de Cadmio, Cobre, Mercurio, Plomo y Zinc, en músculo, branquias e hígado en la especie *Abramis brama L.*, reportando la máxima concentración de Cd, Cu, Pb, y Zn, los cuales fueron detectados en las branquias e hígado del pez, mientras que la máxima concentración del Hg fue en el músculo.

Shyong y Chen (2002), reportaron la CL_{50-96 hrs.} en 2 diferentes tiempos (24 hrs. y 96 hrs.), con los siguientes metales; Cobre, Cadmio y Mercurio en los peces *Varicorhinus barbartus* y *Zacco barbata*. La CL_{50-24 hrs.} para la especie *Varicorhinus barbartus* fue de; Cobre .305 mg/L, Cadmio 1.657 mg/L y Mercurio .018 mg/L, en la especie *Zacco barbata* fue; cobre .130 mg/L, Cadmio 2.598 mg/L y Mercurio .201 mg/L. En cuanto a la CL_{50-96 hrs.} para la especie *Varicorhinus barbartus* fue de; Cobre .246 mg/L, Cadmio 1.502 mg/L y Mercurio .168 mg/L, en la especie *Zacco barbata* fue de; Cobre .079 mg/L, Cadmio 1.510 mg/L y Mercurio .161 mg/L.

Hirt y Domitrovic (1998), reportan que la concentración media letal ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$), de Cloruro de Mercurio ($HgCl_2$) para *Aequides portalegreensis* es de 666 $\mu g/L$, así mismo realizaron estudios de toxicidad crónica durante 28 días encontrando los siguientes daños: descamación, aumento de pigmentación hasta tomar un color oscuro y desprendimiento de aletas pectorales y caudal.

Buhl K. (1996), reporto la toxicidad aguda de 4 contaminantes metálicos en crías y juveniles de 3 especies de peces, Colorado squawfish (*Ptychocheilus lucius*), Bonytail (*Gila elegans*) y Razorback sucker (*Xyrauchen texanus*). El orden de toxicidad ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$) de los metales con respecto a las especies y los estadios de vida, fueron del toxico mas fuerte al mas débil; Mercurio (57 - 158 $\mu g/L$) > Cadmio (78 - 168 $\mu g/L$) > Cromo hexavalente (32, 000 – 123,000 $\mu g/L$) > Plomo (170,000 $\mu g/L$), donde las crías de cada una de las especies resultaron ser más sensibles que los juveniles a los metales.

Spry y Wiener (1991), Realizaron una investigación donde encontraron que los peces que viven en lagos con baja alcalinidad, frecuentemente tienen una elevada acumulación de Mercurio, Cadmio y Plomo en el cuerpo y tejidos, que en los peces que viven en lagos con una alta alcalinidad. Reportando una $CL_{50-96 \text{ hrs.}}$ de Mercurio Inorgánico ($HgCl_2$) en el rango de 33 $\mu g/L$ en la Trucha arcoíris (*Salmo gairdneri*) de 2 meses de vida y una $CL_{50-96 \text{ hrs.}}$ para los adultos "White sucker" (*Catostomus commersoni*) de 687 $\mu g/L$.

Snarski y Olson (1982), reportaron que para el pez fathead minnow (*Pimephales promelas*) fue expuesto a varias concentraciones de Cloruro de Mercurio para determinar la toxicidad aguda y crónica (Incluyendo reproducción), además de medir la bioacumulación. Encontrando los valores de la CL₅₀ de HgCl₂ en juveniles de *Pimephales promelas*; 168, 112, 84 y 74 µg/L en 4, 5, 6, y 7 días respectivamente.

JUSTIFICACIÓN

Es importante realizar estudios de toxicología en los ambientes acuáticos ya que el agua es el componente esencial del equilibrio de los sistemas naturales y por lo tanto, determinante en el mantenimiento de las comunidades biológicas y puede afectar las primeras etapas de desarrollo de los peces y también la cadena alimenticia ya que los peces pequeños sirven de alimento a peces grandes y a otros organismos, así también los peces representan una importancia económica para el hombre por que pueden ser utilizados para venta ya que la mayoría de los peces se extraen de su hábitat para ser comercializados, como peces de ornato pues el mantenimiento de los mismos es muy sencillo ya que es muy fácil reproducir un micro hábitat también tienen importancia alimenticia o de autoconsumo debido a que son una fuente muy alta de proteínas y el precio de la carne por kilogramo es bajo aunque puede variar dependiendo del pez a comprar, también los peces tienen importancia experimental ya que pueden ser utilizados en trabajos de laboratorio para la realización de experimentos e investigaciones .

OBJETIVO GENERAL

Determinar la sensibilidad de la especie *Poecilia reticulata* en diferentes etapas de desarrollo (Crías, juveniles y adultos) a la exposición aguda del tóxico Cloruro de Mercurio

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar la concentración Letal Media a 96 horas (CL_{50-96h}) de Cloruro de Mercurio en las diferentes etapas de desarrollo (crías, juveniles y adultos) para peces guppys (*Poecilia reticulata*)

Determinar la etapa fisiológica mas sensible al tóxico Cloruro de Mercurio en el guppys (*Poecilia reticulata*)

MATERIAL Y METODO

Aclimatación

Los peces *Poecilia reticulata* se obtuvieron del Laboratorio L-521 de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, los cuales se mantuvieron en acuarios con capacidad de 60 y 100 litros de agua con filtros de plataforma y en condiciones controladas de temperatura a 23°C, a un pH de ± 7 , con aereación constante. Se les suministro diariamente alimento balanceado comercial en polvo (Trucha Iniciador). Cada semana se retiraron los residuos acumulados en los acuarios, se hicieron cambios parciales de agua, se aplicaron medidas preventivas y en su caso profilácticas para evitar enfermedades y parásitos.

Se prepararon acuarios con capacidad de 60 litros conservando las mismas condiciones antes mencionadas y maternidades para evitar que las hembras se comieran las crías, se introdujeron hembras grávidas(hembras con embriones) que fueron seleccionadas, las cuales se detectaron por tener el abdomen muy desarrollado y de color oscuro. Para obtener primero a las crías que se iban a dejar crecer para llegar al estadio de juveniles que se irían a usar en el experimento y posteriormente se obtendrían las crías para el experimento a la exposición del tóxico Cloruro de Mercurio a una temperatura de 23 °C a diferentes concentraciones.

Se trabajo con ejemplares adultos de un año de edad con una longitud promedio de 8 cm. y un dimorfismo sexual muy marcado. Juveniles, de 4 meses de vida, y longitud promedio de 2.5 cm. En los que empezaba a distinguirse el dimorfismo sexual y las crías, de 10 días de haber nacido, con longitud promedio de 6 mm.

Pruebas de toxicidad Aguda (CL_{50-96 hrs.})

Las pruebas de toxicidad aguda, fueron de tipo estático sin recambio (Sprague, 1990), en ellas se trabajo con un total de 450 peces en diferentes etapas de desarrollo (crías, juveniles y adultos), dividiéndose en partes iguales. Se mantuvieron sin alimentación los organismos durante el experimento. Para cada una de las diferentes etapas de desarrollo se utilizaron 15 acuarios con una capacidad de 5 litros en los que se distribuyeron 10 ejemplares en cada uno y se expusieron a cinco concentraciones de Cloruro de Mercurio con dos repeticiones de cada una de las mismas (75 µg/l, 150µg/l, 225 µg/l, y 300 µg/l de HgCl₂). En el desarrollo del experimento los peces muertos se retiraron con una red y se tomo como criterio de muerte la falta de respuesta a estímulos mecánicos suaves (Sprague, 1990).

Se determino el valor de CL₅₀ (Concentración a la cual él toxico causa la muerte del 50% de los organismos en el bioensayo), por medio del programa PROBIT, usando el programa de computo (Sthephan, 1977).

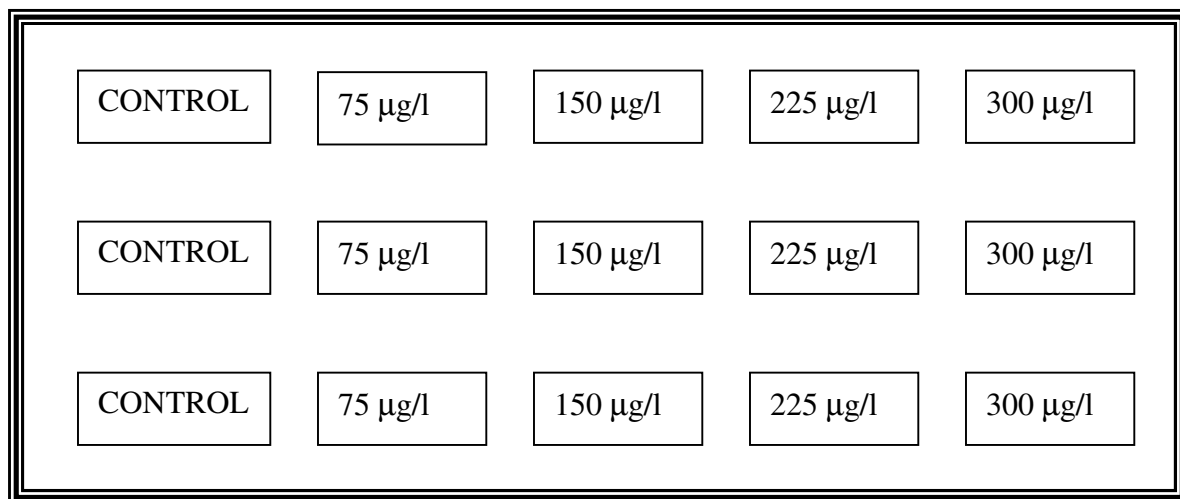


Tabla I: Diagrama del experimento de concentraciones agudas para los peces guppys en estadios crías, juveniles y adultos.

RESULTADOS

Fase de Exposición Aguda CL_{50-96 hrs.}

En la tabla II. se presentan los valores de CL_{50-96 hrs.}, del tóxico Cloruro de Mercurio (Gráficas 1), en las diferentes etapas de desarrollo del pez *Poecilia reticulata*, a una temperatura de 23 °C, obtenidos a través del programa estadístico PROBIT, observando en ella una relación directa entre la edad del organismos y la concentración de la CL50 ya que al aumentar la etapa de desarrollo, se presenta la mortalidad del 50% de los organismos en mucho mayor tiempo, siguiendo a los juveniles y por últimos las crías, esto es que tienen una relación lineal, entre mas pequeño es el organismos, este es mas sensible al tóxico.

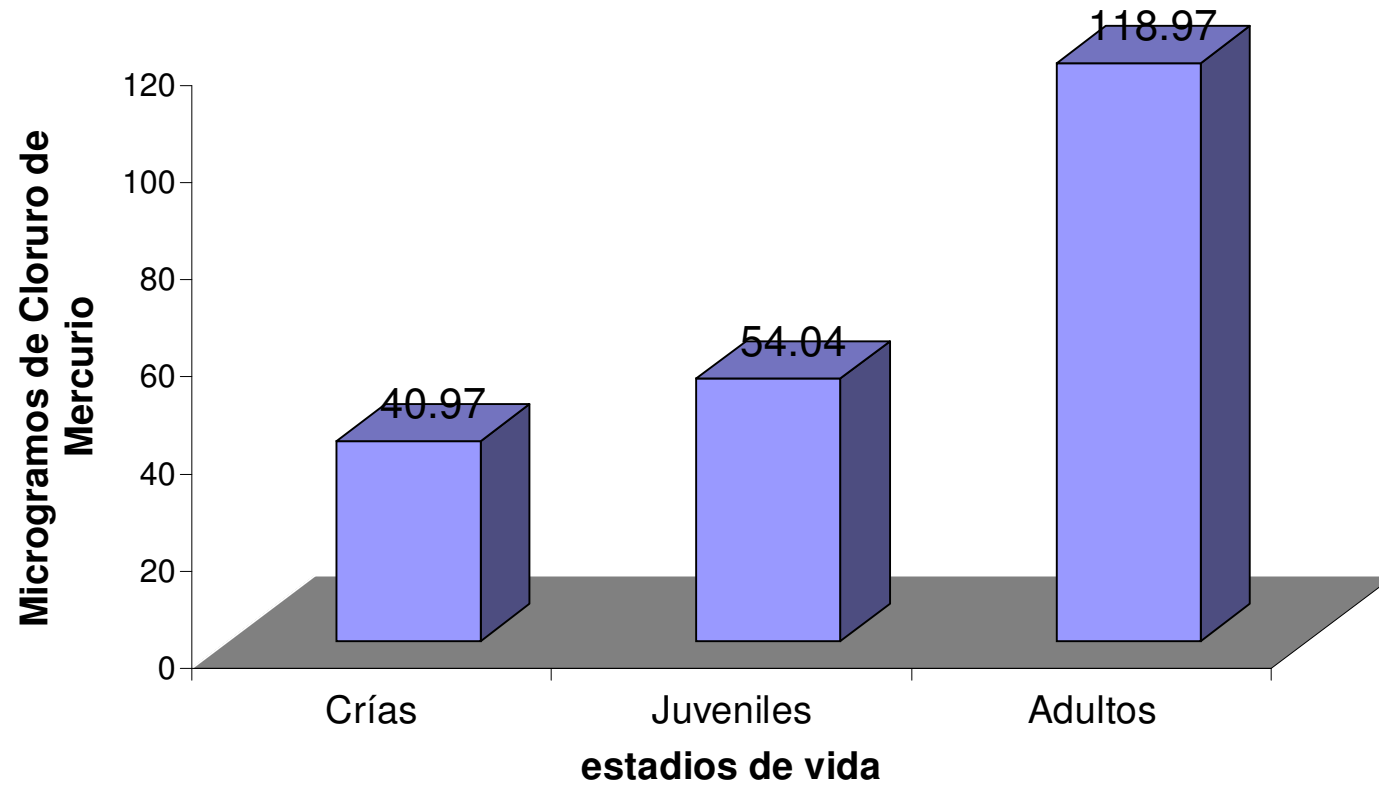
Etapa de Desarrollo	Crías	Juveniles	Adultos
CL _{50-96 hrs.}	40.97 µg/l	54.04 µg/l	118.97 µg/l

Tabla II: CL_{50-96 hrs.} de Cloruro de Mercurio en las diferentes etapas de desarrollo de *Poecilia reticulata*

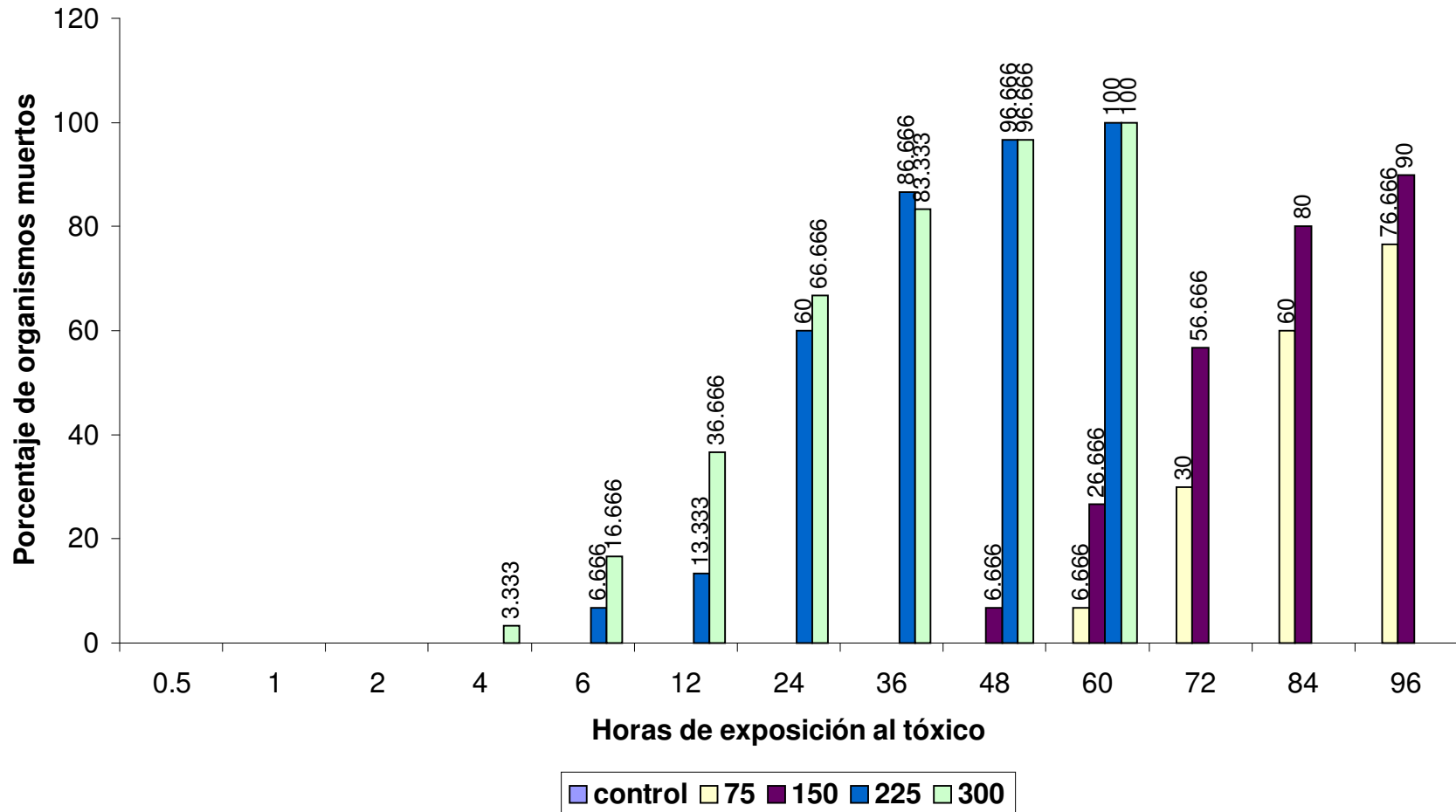
En las gráficas 2, 3 y 4 se muestra el porcentaje de la mortalidad de los peces registrada en las diferentes etapas de desarrollo (crías, juveniles y adultos), en los diferentes intervalos de tiempo durante la exposición al tóxico Cloruro de Mercurio.

Observándose en las gráficas un efecto del tóxico, mucho mas rápido en los estadios más jóvenes a concentraciones más altas, al contrario del estadio adulto, que fue el que presento respuesta al tóxico en mayor tiempo.

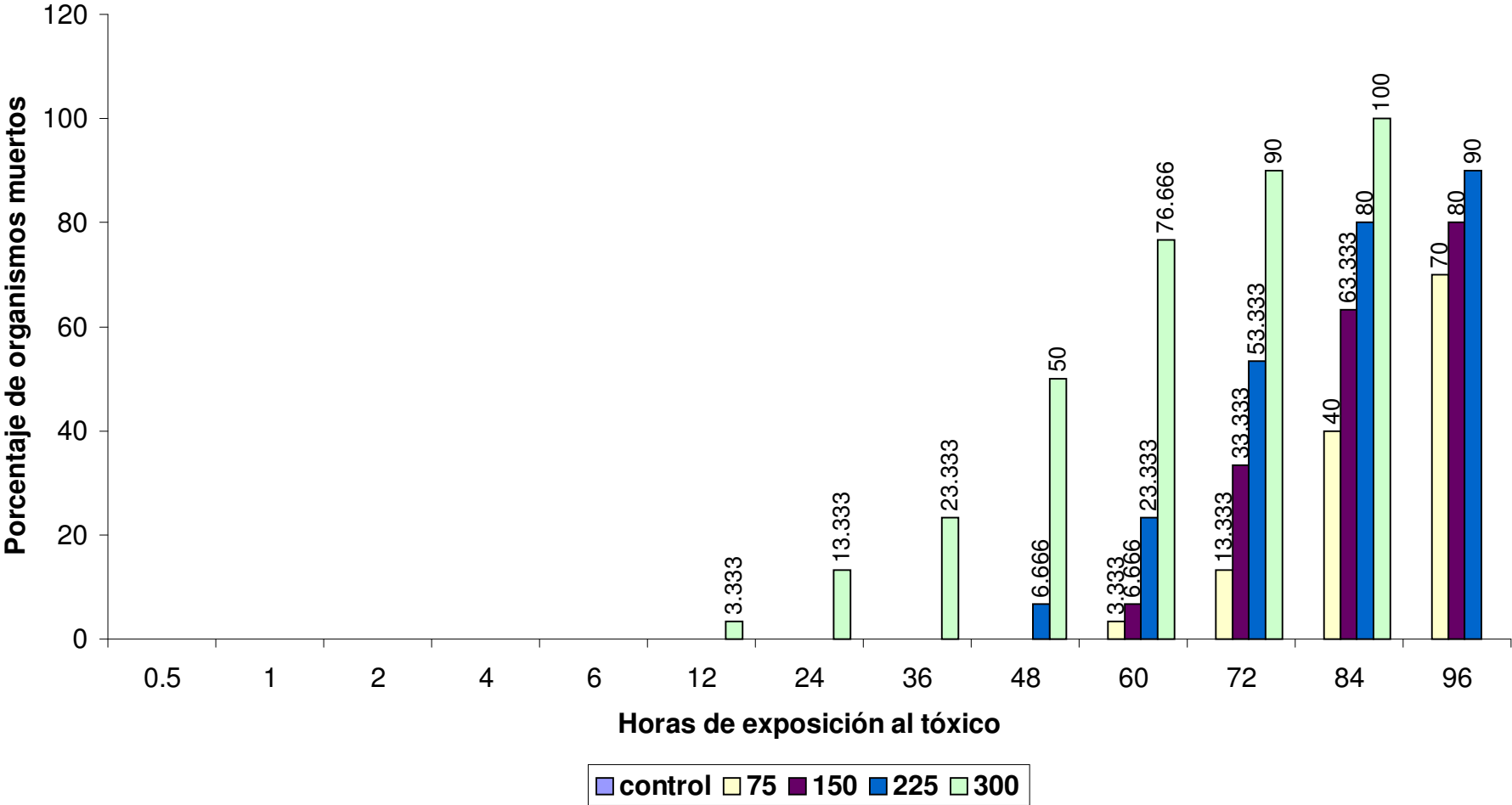
Gráfica I: CL50-96hrs. en los diferentes estadios de vida de *Poecilia reticulata* con respecto al tóxico Cloruro de Mercurio



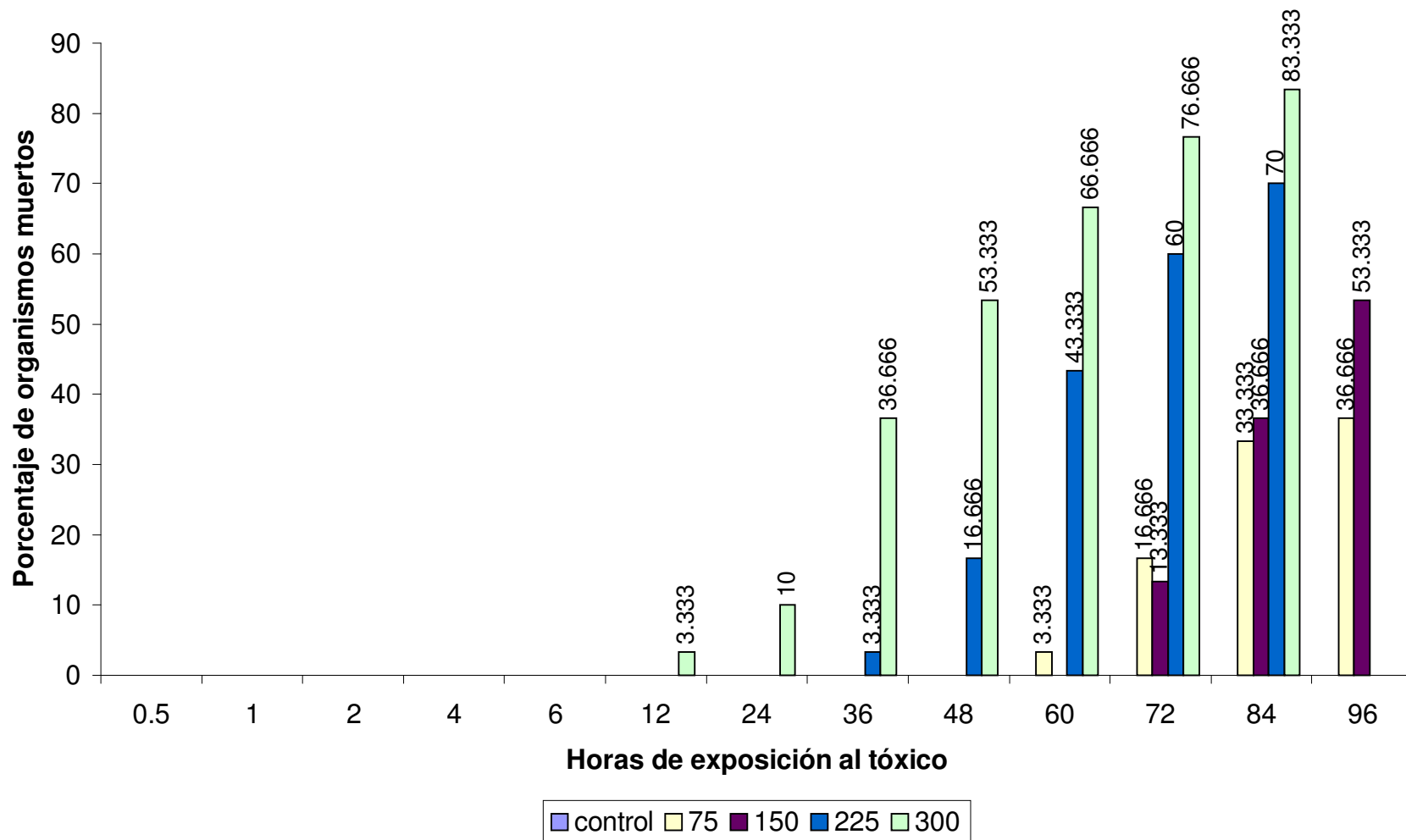
Gráfica II: Mortalidad de crías (%) de *Poecilia reticulata* con respecto al tiempo, expuestos a diferentes concentraciones de Cloruro de Mercurio en microgramos



Gráfica III: Mortalidad de juveniles (%) de *Poecilia reticulata* con respecto al tiempo, expuestos a diferentes concentraciones de Cloruro de Mercurio en microgramos



Gráfica IV: Mortalidad de adultos (%) de *Poecilia reticulata* con respecto al tiempo, en diferentes concentraciones de Cloruro de Mercurio



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La concentración media letal a 96 hrs. ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$), del toxico cloruro de mercurio ($HgCl_2$), en los tres diferentes estadios de desarrollo del pez fue $40.97\mu g/l$ para crías, para juveniles de $54.04\mu g/l$ y adultos $118.97\mu g/l$. Observándose una relación inversa entre la concentración del toxico y la talla del organismo, esto es que a concentraciones altas los organismos de menor talla son afectados presentado una mortalidad en menor tiempo de exposición al tóxico.

El porcentaje de mortalidad ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$), varia en función del estadio de vida y el tiempo de exposición ya que en las concentraciones mas altas $300 \mu g/l$ y $225 \mu g/l$ el porcentaje de mortalidad alcanzaba el 100% en el tiempo de exposición al toxico, en el estadio mas joven (crías) la concentración mas alta de cloruro de mercurio $300 \mu g/l$ presento la mortalidad del 3.3% de los organismos a las cuatro horas y todos los organismos a las 60 horas de exposición y en la hora 24 alcanzo la mortalidad máxima del 30%. En la concentración de $225 \mu g/l$, se registraron decesos a partir de las seis horas de exposición en un 6.6% de mortalidad teniendo una mortalidad total del 100% a las 72 horas de exposición y registrando la mortalidad máxima del 26.6% a las 36 y 48 horas, en la concentración $150\mu g/l$, se empezó a tener una respuesta de mortalidad 6.6% hasta las 48 horas de exposición al toxico teniendo a las 72 horas de exposición la máxima mortalidad del 30% y a las 96 horas, teniendo una mortalidad total del 90%, y en la concentración menor $75 \mu g/l$, se presento la mortalidad del 80% registrando decesos a la 60 horas con el 6.6% teniendo una mortalidad máxima a las 84 horas con un 30% y alcanzado a las 96 horas de exposición la mortalidad total del 80%.

En la etapa juvenil se presento la mortalidad de un 3.3% a las 12 horas de exposición y alcanzado el 100% a las 96 horas en su concentración mas alta de 300 µg/l, presentando su mortalidad máxima con 26.6% a las 48 y 60 horas de exposición . Para la concentración de 225 µg/l se observo una respuesta la cual inicio a las 48 horas de tratamiento teniendo una mortalidad del 6.6% y registrando a las 72 horas la mortalidad máxima del 30% y 96 horas la mortalidad total del 90%. La concentración 150µg/l, se observo una respuesta después de 60 horas teniendo un porcentaje de mortalidad del 6.6%, alcanzado la mortalidad máxima del 30% a las 84 horas y a las 96 horas se registro que el 90% de los organismos habían muerto, con la concentración 75 µg/l, los organismos juveniles en el tiempo de exposición al toxico hubo un deceso del 3.3% registrándose a las 60 horas , alcanzando su mortalidad máxima del 30% a las 96 horas y la mortalidad total fue de 80% al finalizar el tiempo de exposición

En el estadio de adulto , la máxima concentración 300 µg/l, presento respuesta desde las 12 horas teniendo un porcentaje de mortalidad de 3.3%, después de las 12 horas de exposición siempre registrando por lo menos una deceso en cada intervalo de medición y teniendo una mortalidad máxima de 26.6% alas 36 horas y a las 96 la mortalidad total del 83.3%%, en la concentración 225 µg/l, se observo respuesta con el 3.3% hasta la 36 horas de tratamiento alcanzando una mortalidad máxima a las 60 horas con el 26.6% presentando una mortalidad total del 70% al final del tiempo de exposición, para la concentración de 150µg/l, presento respuesta a las 72 horas teniendo una mortalidad del 13.3% alcanzando una mortalidad total al final del tiempo de exposición al toxico del 53.3% y y presentando una mortalidad máxima del 23.3% a las 84 horas para la concentración mas baja 75 µg/l, las respuestas de los organismos se presentaron hasta las 60 horas registrando una mortalidad de 3.3% , teniendo como máxima mortalidad del 16.6% a las 84horas y presentando una mortalidad total del 36.6 %.

En los peces en general, la toxicidad del Cloruro de Mercurio (HgCl_2) a concentración Media Letal ($\text{CL}_{50-96 \text{ hrs.}}$), Se presenta en dosis de 33 a $687 \mu\text{g/l}$ (Spy y Wiener, 1991). Teniendo en cuenta esto la $\text{CL}_{50-96 \text{ hrs.}}$ para *Poecilia reticulata* se encuentra dentro de este intervalo ya que en los tres estadios de vida del pez guppy se obtuvo la concentración media de $40.97 \mu\text{g/l}$ para crías, de $54.04 \mu\text{g/l}$ en juveniles y para adultos de $118.97 \mu\text{g/l}$.

Como Hirt y Domitrovic (1998), que encontraron una CL_{50} de en *Aequidens portalegrensis* de $666 \mu\text{g/l}$, Cloruro de Mercurio, así mismo Shyong y Chen (2002), obtuvieron una CL_{50} en la especie *Varicorhinus barbatus* de $.168 \text{ mg/L}$ y en *Zacco barbata* de $.161 \text{ mg/L}$. al igual en el experimento de Jul (1996), realizo investigaciones con respecto a toxicidad aguda en tres diferentes especies de peces, *Ptychocheilus lucios*, *Gila elegans* y *Xyrauchen texanus*, de los tóxicos Cadmio, Mercurio, Plomo y Cromo hexavalente teniendo una concentración media letal de Mercurio en el rango de $57-168 \mu\text{g/l}$, para las tres diferentes especies.

Hay que mencionar que estas especies de peces utilizadas en estos ensayos de toxicidad, no pertenecen a la misma familia del pez utilizado en esta investigación, por eso algunas de las concentraciones medias letales son muy altas por ser peces de mayor tamaño con respecto al pez guppy . También hay que mencionar que no se han realizado estudios de toxicidad con *Poecilia reticulata*, por consiguiente no se tiene referencia de tolerancia de este pez con respecto al Cloruro de Mercurio (u otro tóxico), las referencias que existen de un estudio toxicológico con este pez es de Baser *et. al.*, (2003), investigo la toxicidad aguda de los guppys , con el toxico “permitrina” obteniendo una ($\text{CL}_{50-48 \text{ hrs.}}$) de

$245 \mu\text{g/l}$, Polat *et. al.* (2002), utilizo el toxico “beta-cipermetrina” obteniendo una ($\text{CL}_{50-48 \text{ hrs.}}$) de toxicidad aguda para *Poecilia reticulata* de $21.4 \mu\text{g/l}$, Viran *et. al.* (2002), encontró una ($\text{CL}_{50-48 \text{ hrs.}}$) del toxico “deltamitrina guppys *Poecilia reticulata* , de $5.13 \mu\text{g/l}$.

En el presente trabajo se encontró que las concentraciones del toxico Cloruro de Mercurio (HgCl_2), que se requirieron para causar un efecto de mortalidad (CL50), en cada una de las etapas de desarrollo de *Poecilia reticulata* es: para las crías el CL50 es de (40.97 $\mu\text{g/l}$), con respecto a los juveniles el CL50 es de (54.04 $\mu\text{g/l}$) aumentando un porcentaje del 31.9% con respecto al de las crías y el CL50 de los adulto es de (118.97 $\mu\text{g/l}$) aumentando con respecto al de los juveniles 120% y al de las crías 290 %. Así mismo se han realizado estudios comparativos de distintas edades para evaluar el efecto de sustancias toxicas como el mercurio, donde ya habíamos mencionado a Buhl (1996), el cual investigo la sensibilidad de las crías y juveniles en toxicidad aguda en tres diferentes especies; obteniendo una (CL_{50-96 hrs.}) en *Ptychocheilus lucios* 57 $\mu\text{m/l}$ en crías y 168 $\mu\text{m/l}$ en juveniles, *Gila elegans* de 61 $\mu\text{m/l}$ para crías y en juveniles 108 $\mu\text{m/l}$ y en *Xyrauchen texanus*, es de 128 $\mu\text{m/l}$, en crías y 90 $\mu\text{m/l}$ en juveniles lo cual muestra la sensibilidad que tienen los organismos mas jóvenes con respecto a organismos mas grandes,. En dos de estas tres especies de peces. Es decir, los organismos de estadios mas tempranos presentan mayor sensibilidad a sustancias toxicas (existen su excepciones como en el caso antes mencionado), siendo raro que un estadio temprano sea mas resistente a un toxico que un estadio mas grande

Una de las causas del por que los organismos mas jóvenes son mas sensibles a un toxico es el tamaño del pez, como lo investigo Farkas *et. al.* (2002), donde encontró que existe una relación entre la edad y la talla (longitud-peso), para el tóxico Mercurio en el pez *Abramis brama L.* Donde las condiciones del organismo

tales como: el estado nutricional, su sistema inmunológico, el nivel de estrés entre otros factores, deben ser considerados para su supervivencia: así mismo, diferentes órganos del cuerpo como lo son las branquias, músculo e hígado son los mas susceptibles al mercurio. También hay que mencionar que durante el transcurso de este estudio con *Poecilia reticulata*, Algunos organismos

presentaron hematomas en algunas partes del cuerpo, las principales zonas eran las branquias y su periferia (presentaban un tono rojizo), la otra zona era la parte caudal

Así también *Poecilia retícula* tuvo una respuesta al efecto del mercurio ya que provocó, una respiración aguda en los peces, lo cual resultó en una coagulación branquial terminal, lo que produjo asfixia y por lo tanto la muerte, como lo muestra Hirt y Domitrovic 1998 al igual que el presente trabajo, los peces expuestos a Cloruro de Mercurio presentan lesiones branquiales con hematomas que causaron asfixia de los organismos y estos buscaron oxígeno subiendo a la superficie, “boqueando” tratando de conseguir el preciado elemento, el cual es vital para sobrevivir. El Mercurio afecta de tres formas principales; la primera es cuando los espacios de los filamentos branquiales se bloquean con el mucus que segrega la branquia al estar en contacto con los metales pesados, impidiendo que el oxígeno pase a través de los filamentos branquiales y se distribuya por el organismo. La segunda causa es cuando los espacios de las lámelas branquiales se bloquean por el paso de precipitados tóxicos, haciendo que el movimiento de las branquias sea imposible realizar y retarda la circulación sanguínea directa hacia los capilares branquiales. Por último, éxtasis o estrés del organismo hace que la circulación sanguínea directa que va hacia las branquias resulte un bloqueo parcial del corazón (paro cardíaco), (Katz, 1971).

CONCLUSIONES

En las diferentes etapas de desarrollo de *Poecilia retícula* se aprecia que el estadio de vida mas joven (cría) es muy sensible al Cloruro de Mercurio, ya que durante la experimentación se observó que hubo mas decesos con respecto a los otros estadios. Después le siguió en grado de sensibilidad el estadio juvenil para terminar con el estadio adulto, por lo que se concluye que el tamaño (talla) y edad del organismo si afecta, entre mas grande es el organismo tiene una mayor tolerancia hacia el tóxico.

Para las concentraciones Letales Medias ($CL_{50-96 \text{ hrs.}}$) de Cloruro de Mercurio, en los tres diferentes estadios de vida de *Poecilia retícula*; Los resultados son los siguientes: para crías fue de $40.97\mu\text{g/l}$, en juveniles fue de $54.04\mu\text{g/l}$ y en los adultos $118.97\mu\text{g/l}$, lo que muestra que entre mas pequeño es el organismo es mas sensible.

Se debe conocer la (CL_{50}) para los peces pues son indicadores de contaminación en los medios acuáticos ya que el agua y los peces comparten diferentes importancias como son, (económica ,alimenticia y ecológica)

BIBLIOGRAFIA

-Aguilera, P y Noriega P. 1986, ¿ Que es la acuacultura? Fondo de pesca. Secretaria de pesca México.

-Alan G. Heater, 1995, Water Pollution and Fish Physiology. Edit. Lewis Publisher, segunda edición.

-Alcaraz G. y Espina S., 1993, Efecto de la temperatura y del cloruro sobre la toxicidad del nitrito en la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella*, (PICES, CYPRINIDAE), Rev. Int. Contaminación Ambiental. 9(1), 21-28 pp.

-Alvarez, G Espina S, 1994, Effect on nitrite on the survival of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) with Relation to Chloride Bull Environ. Contam. Toxicol. 52: 74-79.

-Álvarez del Villar, J., 1970. Peces mexicanos. Comisión nacional consultiva de pesca.

-Ángeles O., 2002, Evaluación de la respuesta de juveniles del pez oscar (*Astronotus ocellatus*) a exposiciones agudas y crónicas de sulfato de cobre en dos temperaturas, Tesis para obtener la licenciatura de biólogo, FES Iztacala UNAM., Méx., D.F., 37 pp.

-Arriogon, J., 1984, Ecología y Piscicultura. Ediciones mundipresa. Madrid.

-Axelrod, H. F., 1994. Crianza de los peces de acuario. Editorial Hispano Europea, Barcelona, España, pp.128

-Barranco E., 2001, "Estudios de datos de cantidades de Hg aportadas a la biosfera, comparado las de origen natural y antropogénico", Documento informativo para la evaluación Mundial del Mercurio elaborado por MAYASA, Madrid, España, 1-33 pp.

-Bardach, J,J, 1986, Ryther y W. Mclarney. Acuicultura. Crianza de cultivos marinos y de agua dulce. AGT. Editor México.

-Baser S., *et. al.*, 2003, "Investigation of acute toxicity of permethrin on guppies (*Poecilia reticulata*)", Chemosphere 51 (2003) 469-474 BIOSINTESIS, Instituto Humboldt Colombia, Boletín No.16 Junio de 1999, ISSN-0123-7896, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, pp.4.

-Buhl K., 1996, "Relative Sensitivity of three Endangered Fishes, Colorado Squawfish, Bonytail, and Razorback Sucker, to Selected Metal Pollutants", Ecotoxicology and Environmental Safety 37, 186-192 (1997), Article No. ES971543

-Chakroff, M., 1983, Piscicultura. Cultivo de peces en agua dulce Editorial concepto México.

-Chazari E., 1984, Piscicultura en agua dulce. Reproducción, Secretaria de Pesca. Miguel Ángel Purrua Librero-Editor. México.

-De Silva P. M. C. S. y Samayawardhena L. A., 2002, Low Concentration of Lorsban in Water Result in Far Reaching Behavioral and Histological Effects in

Early Life Stages in Guppy, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 52, 248-254 (2002).

-Dimitriou P., *et. al.*, 2003, Acute toxicity effects of tributyltin chloride and triphenyltin chloride on gilthead seabream, *Sparus aurata* L., embryos, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 54 (2003), 30-35.

-Farkas A., Salánki J., and Specziár A., 2002, "Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating ánki J., and Specziár A., 2002, "Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish

-Gochfeld M., 2003, "Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption", *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56 (2003) 174-179

-Grippio M. A. Y Heath A.G., 2003, The effect pf mercury on the feeding behavior of Fathead minnows (*Pimephales promela*), *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55 (2003), 187-198.

-Gutiérrez-Galindo E. A., 1989, Bioensayos y pruebas de evaluación toxicológicas P, 1-58 curso nacional de entrenamiento, ensayos biológicos y pruebas de toxicidad para formar el criterio de calidad de agua para el caribe, Golfo de México y Cartagena de indias Colombia.

-Hepher B., 1988, Nutrición de peces comerciales en estanques Editorial Limusa México primera edición.

-Hirt L., Domitrovic H., 1998, Toxicidad y Respuesta Histopatológica en *Aequidens portalegrensis* (Pises, Ciclidae) Expuestos a Bicloruro de Mercurio en Ensayos de Toxicidad Aguda y Subletales., Instituto de Ictiología del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias (UNNE), Argentina.

-Lagler Kart F., 1984, Ictiología, Ed. AGT EDITOR S.A., México, D.F., 489 pp.

-Low K. W., y Sin Y. M., 1998, Effects of mercury chloride and sodium selenite on some immune responses of blue gourmand, *Trichogaster trichopterus* (Pallus), *The Science of the total Environment* 214 (1998), 153-164.

-Macleod J: C., Pessah E., 1973, Temperature effects on mercury accumulation, toxicity and metabolic rate in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Journal Fish Research Board of Canada*, pp. 485-492

-Maffe, G. K.y Snelson, Jr. F. F. 1989. Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 453

-McKim, J. M., 1977, Evaluation of tests with early life stages of fish for predicting long-term toxicity, *J. Fish, Res. Biol. Canadá*, 34:1148-1154

-Mol J. H., *et. al.*, 2001, Mercury Contamination in Freshwater, Estuarine, and Marine Fishes in Relation to Small-Scale Gold Mining in Suriname, south America, *Environmental Research Section A* 86, 183-197 (2001)

-Norma Oficial Mexicana de Concentraciones permisibles de Mercurio, *Diario Oficial de la Federación*, 13 de Diciembre de 1989, Tomo CDXXXV, No. 9, Director Lic. Jorge Ezquerro L., México D.F.

-Núñez G. R. M., "Evaluación del toxico estándar dodecil sulfato de sodio sobre la sensibilidad de la especie *Penaeus setiferus* Linneo, 1767 (Camarón Blanco)", Tesis para obtener la Licenciatura de Biólogo, UNAM., Méx., 1998, 52 pp.

-Ribeiro C. A. O., *et. al.*, 2000, Comparative Uptake, Bioaccumulation, and Gill Damages of Inorganic Mercury in Tropical and Nordic Freshwater Fish, Research Section A 83, 286-292 (2000).

- Panigrahi A.K., y Misra B. N., 1978, Toxicological effects of mercury on a freshwater fish, *Anabas scandens*, CUV. & VAL. And their ecological implication, Environmental Pollution, pp. 31-39.

- Polat H., *et. al.*, 2002, Investigation of acute toxicity of beta-cypermethrin on guppies (*Poecilia reticulata*)", Chemosphere 49 (2002) 39-44

-Ribeiro C. A. O., y Torres R. F., 1995, Acute Effects Evaluation of HgCl₂ on Epidermis of *Trichomycterus brasiliensis* (Siluroidei; Trichomycteridae), Ecotoxicology and Environmental Safety, 32, 260-266 (1995).

-Ribeiro C. A. O., y Torres R. F., 1995, Acute Effects Evaluation of HgCl₂ on Epidermis of *Trichomycterus brasiliensis* (Siluroidei; Trichomycteridae), Ecotoxicology and Environmental Safety, 32, 260-266 (1995).

-Sarkka J., *et. al.*, 1978, Mercury and Chlorinated hydrocarbons in plankton of the lake Päijänne, Finland, Environmental Pollution, pp. 41-49.

-SEMARNAP, 1997, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Delitos Ambientales. Secretaria del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca., México.

-Shyng W. J., And Chen H. C., 2002 "Acute Toxicity of copper, Cadmium and Mercury to the Freshwater Fish *Varicorhinus babatus* and *Zacco barbata*" Department of zoology, Nation Taiwan University, Acta Zoologica Taiwanica. 11: 33-45

-Snarki V.M., Olson G. E., 1982, "Chronic toxicity and bioaccumulation of mercuric chloride in the fathead minnow (*Pimephales promelas*)", Aquatic Science Toxicology. 2:143-156

-Sonesten Lars, 2003, "Fish mercury levels in lakes-adjusting for Hg and fish-size covariation", Environmental Pollution 125 (2003) 255-265

-Sprague, 1990, Aquatic toxicology, In: C.B. Schreck and P.B. Moyle. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. (Eds) 1990, 491-528 pp.

- Spry D. y Wiener J., 1991, Metal Bioavailability and Toxicity to Fish in Low-Alkalinity Lakes: A Critical Review, Environmental Pollution 71 (1991), 243-304.

-Sthepan, C.E., 1977, Methods for calculating an CL50. In: American Society for testing and materials (ASTM), Aquatic toxicology and hazard evaluation, FL. Mayer and J.L. Hamelink, Editors. ASTM STP 524, Philadelphia, Pennsylvania, 65-84 pp.

- Svobodova Z., *et. al.*, 1999, Bioaccumulation of Mercury in Various Fish Species from Orлік and Kamýk Water Reservoirs in the Czech Republic, Ecotoxicology and Environmental Safety 43, 231-240 (1999).

-Torres Orozco R .B., 1991, "Los peces de México", Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ed. AGT, S.A., México, D.F., 235 pp.

-Viran R., Unlu, E.F., Polat H ., Kocak O., 2003, Investigation of acute toxicity of deltamethrin on guppies (*Poecilia reticulata*), Ecotoxicology and Enviromental

-Water and Water Pollution, 1971, Handbook, Vol. 1, Ed. By Leonard L. Ciaccio, Marcel Dekker, INC., pp. 297-safety. 55: 82-85. 328Wobeser G., 1975, Acute toxicity of Methyl Mercury Chloride and Mercuric.

