

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
"ZARAGOZA"



BIOENSAYOS CON TRUCHA ARCOIRIS (SALMO GAIRDNERI),  
PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL:  
TRATADA DE LA PLANTA "CERRO DE LA ESTRELLA"

T E S I S

Para Obtener el Título de:  
BIOLOGO

Presentan:

ALMA LOZANO PEREZ  
HORACIO ADRIAN PEDRAZA UCEDA





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 está 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.

## CONTENIDO

PFS:

	APROBACION - - - - -	
	RECONOCIMIENTOS - - - - -	
	DEDICATORIA - - - - -	
	CONTENIDO - - - - -	
	RESUMEN - - - - -	7
1.0	INTRODUCCION - - - - -	19
1.1.	ANTECEDENTES - - - - -	13
1.2.	OBJETIVOS - - - - -	15
1.3.	HIPOTESIS - - - - -	16
2.0.	METODOLOGIA - - - - -	17
2.1.	ESPECIE DE PRUEBA - - - - -	17
2.2.	LABORATORIO DE ENSAYO - - - - -	17
2.3.	PROCEDIMIENTO - - - - -	18
2.3.1.	PRUEBA PRELIMINAR DE ACLIMATACION - - - - -	19
2.3.2.	ACLIMATACION FORMAL - - - - -	19
2.3.3.	SELECCION DE LAS CONCENTRACIONES DE PRUEBA -	20
2.3.4.	DETERMINACION DE LA CONCENTRACION LETAL - -	20
2.3.5.	BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA - - - - -	21
2.3.6.	OBSERVACIONES Y MEDICIONES DURANTE EL ENSAYO	21
2.3.7.	MONITOREO Y ANALISIS PQS DEL AGUA DE ENSAYO	21
2.3.8.	ANALISIS HISTOPATOLOGICOS - - - - -	22

	PPS.
2.4.	PROCESAMIENTO ESTADISTICO DE LA INFORMACION - 23
3.0.	RESULTADOS - - - - - 25
3.1.	CONCENTRACION LETAL - - - - - 25
3.2.	BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA - - - - 26
3.3.	CARACTERIZACION PQB DEL AGUA PRUEBA - - - 31
3.4.	ANALISIS HISTOPATOLOGICO - - - - - 36
4.0.	DISCUSION DE RESULTADOS - - - - - 49
	CONCLUSIONES - - - - - 59
	REFERENCIAS - - - - - 61
	APENDICE A TECNICAS ANALITICAS DE LOS - 65 PARAMETROS DE CONTROL - - - -
	APENDICE B PARAMETROS CARACTERIZADOS - - 66 EN EL BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA - - - - -
	APENDICE C BREVE DESCRIPCION DEL TRATA- - 67 MIENTO SECUNDARIO - - - - -
	APENDICE D CONCENTRACION LETAL Y SU EFECTO 71 EN ORGANISMOS VIVOS - - - - -
	APENDICE E TECNICA UTILIZADA EN EL DIAGNOS 78 TICO HISTOPATOLOGICO - - - - -

#### CUADROS Y FIGURAS

1.	RELACION LONGITUD-PESO DE LOS ORGANISMOS DE - 28 PRUEBA AL FINAL DEL BIOENSAYO DE EXPOSICION - PROLONGADA - - - - -
2.	RELACION LONGITUD-PESO EN CONDICIONES NORMA- 29 LES DE CULTIVO PARA TRUCHA ARCOIRIS - - - - - <u>(Salmo gairdneri)</u> - - - - -

	PPS.
3.	RELACION LONGITUD-PESO ENTRE LOS ORGANIS - - 30 MOS DE LAS DIFERENTES DILUCIONES DE PRUEBA Y EL TESTIGO.
4.	VALORES MEDIOS DE LOS PARAMETROS DE CONTROL - 32 DURANTE EL BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA.
5.	CARACTERIZACION POB DE LAS DIFERENTES DILU - - 34 CIONES DEL AGUA PRUEBA, DURANTE EL TIEMPO DE EXPERIMENTACION.
6.	CARACTERIZACION POB PARA AGUA DE DILUCION Y - 35 AGUA PRUEBA, ADEMAS DE LAS CONCENTRACIONES LE TALES Y CRITERIOS DE CALIDAD.
7.	LESIONES MICROSCOPICAS EN ORDEN CRECIENTE PA - 37 RA LOS DIFERENTES ORGANOS DE LOS PECES DE - - PRUEBA.
8.	NUMERO DE ORGANISMOS AFECTADOS POR ORGANO - - 38 EN LAS DIFERENTES DILUCIONES DE ENSAYO.
9.	RESULTADOS HISTOPATOLOGICOS PROCESADOS ESTA - 41 DISTICAMENTE A TRAVES DE LA PRUEBA EXACTA DE FISHER.

INDICE DE FOTOGRAFIAS

1.	DEGENERACION GRASA EN HIGADO - - - - - 43
1.A.	HIGADO NORMAL - - - - - 43
2.	NECROSIS TUBULAR-RENAL - - - - - 44
2.A.	RIÑON NORMAL - - - - - 44
3.	BRANQUIAS NORMALES - - - - - 45
4.	HIPERPLASIA GENERALIZADA EN BRANQUIAS - - - 45
5.	HIPERPLASIA GENERALIZADA CON DEGENERACION - - 46 MUCOSA EN BRANQUIAS.

		PPS.
6.	DEGENERACION MUCOSA Y NECROSIS DEL EPITE LIO GLANDULAR EN CIEGOS PILORICOS. --	46
6.A.	CIEGOS PILORICOS NORMALES- - - - -	47
8.	INFILTRACION GRASA EN MUSCULO - - - - -	47
8.A.	MUSCULO NORMAL - - - - -	48

## R E S U M E N

Este estudio comprende la evaluación de la calidad física, química y biológica del agua residual que ha pasado por un proceso de tratamiento a nivel secundario de la planta de tratamiento de agua residual "Cerro de la Estrella"; con el fin de conocer si es factible de utilizarse en Acuicultura y Pesca, esto realizado a través de Bioensayos con trucha arcoiris (Salmo gairdneri), analizando histopatológicamente todos sus órganos.

Se trabajaron cinco concentraciones diferentes de agua renovada - obtenida del efluente secundario (32, 42, 56, 75 y 100%, además de un control). Este bioensayo tuvo una duración de 8 meses, durante los cuales se realizaron análisis de los parámetros que pueden interferir en la sobrevivencia del pez; pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitrógeno amoniacal, dureza y alcalinidad; asimismo se caracterizó semanalmente el agua de ensayo considerando los parámetros químicos-nutrientes, metales pesados, minerales, grasas, detergentes y pesticidas organoclorados.

Al término de los 8 meses se sacrificaron todos los organismos de ensayo, practicándoles la necropsia y preservando en formol todos sus órganos: hígado, riñón, intestino, músculo, piel, corazón, gonadas y cerebro; con el fin de realizar posteriormente el análisis histopatológico.

Los resultados obtenidos de este último análisis se procesaron estadísticamente a través de la prueba exacta de Fisher, con un valor de significancia de 0.05. De los resultados se deduce que los daños histopatológicos en la mayoría de los órganos no fueron producidos por el agua, excepto la lesión en branquias.

En relación a la caracterización del agua de ensayo, al comparar los parámetros analizados con los criterios establecidos por la Agencia de Protección al Medio Ambiente para el uso de Acuicultura y Pesca sobrepasan a estos; sin embargo, al observar la sobrevivencia de los peces durante el tiempo de experimentación y considerando que los daños encontrados no son apreciables, se establece como un primer indicio, que esta agua renovada es posible utilizarla en este uso, no obstante cabe aclarar la importancia de continuar con el estudio y realizar análisis toxicológicos, con el fin de evitar riesgos a la salud por el uso directo e indirecto del agua renovada.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCION

1. . La Ciudad de México es una metrópoli que concentra la mayor densidad de población y una buena parte de la actividad industrial generada en el país, esto representa una considerable demanda de agua potable ya que estimando una dotación de 346 l/hab/día - - - (DGOH, 1985) para 10 millones de habitantes del D.F. (CONAPO, 1985) se obtienen  $40 \text{ m}^3/\text{seg}$ ; sin embargo, la oferta en un caudal de  $35 \text{ m}^3/\text{seg}$ . que es utilizada en actividades diversas como: domésticas, - servicios públicos, comercios, industrias, etc. generando en promedio  $32 \text{ m}^3/\text{seg}$ . de aguas residuales; de este volumen son vertidos al drenaje  $28.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ . y solo el 5% tratados en forma efectiva ( $1.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) en las nueve plantas de tratamiento de agua residual, cuya capacidad instalada conjunta es de  $4.3 \text{ m}^3/\text{seg}$ . (Automatización y Medición, - 1985).

Gran parte de las aguas residuales crudas son vertidas a cuerpos receptores como son los ríos: Salado, Tula y Salto, que a su vez son utilizadas sin ningún tratamiento en los distritos de riego 03, 27 y 100. Las aguas tratadas a nivel secundario son empleadas principalmente en el llenado de lagos y canales destinados a la recreación y - en el riego de áreas verdes. (Plan Maestro de Tratamiento y Reúso - 1982).

Debido a la creciente demanda y a las dificultades técnicas y económicas que representa el suministro de agua potable, se vió la necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento, siendo una alternativa viable, el aprovechamiento de aguas residuales tratadas no sólo para el riego de áreas verdes y llenado de lagos como actualmente se viene aplicando, sino también para diversificar su uso en otras actividades como: Potable, natación, acuicultura y pesca, abrevaderos, riego de cultivos comestibles crudos, riego de cultivos comestibles cocidos, navegación deportiva, agua municipal no potable, producción de vapor y enfriamiento: Considerando la calidad Física, Química y Biológica (QCB) específica para cada uno de ellos y las posibilidades técnicas del tratamiento avanzado. (Plan Maestro de Tratamiento y Reúso, 1982).

Cuando la fuente es agua residual tratada se debe tener una amplia gama de parámetros sancionados de acuerdo a la calidad QCB que requieran los usos a que se destine, por lo cual es necesario establecer reglamentos y criterios para cada uso potencial mencionado, sin embargo, la caracterización QCB del agua renovada no proporciona la suficiente información con respecto a los efectos sobre los componentes bióticos y abióticos del ecosistema, ya que esto implica un contacto directo ó indirecto con el hombre. Además se debe tomar en cuenta que se carece del conocimiento del comportamiento antagónico

y sinergistas de las diversas mezclas de los compuestos presentes en este tipo de agua.

Con fundamento en lo anterior, ha sido necesario complementar - la evaluación del agua renovada, desde el punto de vista biológico - a través de la experimentación con organismos vivos (Bioensayos) que basan sus resultados en la respuesta ó efecto que estos tienen cuando son sometidos a compuestos tóxicos durante un período de tiempo - dado; estos efectos son determinados por la observación del comportamiento de los organismos ó por estudios a nivel microscópico como -- examen de tejidos (histopatología) y análisis de bioacumulación de - compuestos tóxicos (González, 1981).

Estos análisis son de gran importancia porque proporcionan información básica acerca de cómo y cuáles tóxicos están afectando a los organismos de prueba, obteniendo las bases necesarias en la valoración y desarrollo de procesos de tratamiento de agua residual. Es -- así que durante 20 años los bioensayos se han convertido en herramienta básica para la detección, evaluación y abatimiento de la contaminación del agua.

Generalmente en los bioensayos se utilizan peces, (truchas, - - goldfish, bluegill, etc), sin embargo, hoy en día se experimenta con otro tipo de organismos: fitoplacton, crustáceos, mamíferos y vegetat

les, como biosensores para la evaluación de la calidad de cualquier cuerpo de agua. Sin embargo, las diferentes especies que se encuentran habitando el mismo ecosistema no son igualmente susceptibles a las sustancias tóxicas, por lo que se recomienda experimentar con el organismo más sensible, con el fin de poder utilizar los criterios de calidad obtenidos para esta especie en otros organismos (MACÍO - ROWSKI, 1980).

En este estudio se evaluará la calidad del agua residual tratada obtenida del efluente secundario. Este proceso consiste de la separación a gravedad de la masa celular (lodos activados) del agua tratada, utilizando tanques de sedimentación secundaria a través de un período de tiempo. Parte de la masa celular es recirculado y parte de esta es desechado del proceso para mantener un nivel constante de microorganismos en esta (Ver Apéndice C).

La importancia de esta evaluación es con el fin de conocer la factibilidad de su uso en Acuicultura y Pesca sin que existan riesgos a la salud y a la biota en general, lo cual se llevará a cabo a través de análisis histopatológicos de los diferentes órganos de los peces y la caracterización física, química y biológica del agua de ensayo; considerando para este último punto únicamente parámetros físicos, minerales, nutrientes, metales pesados, grasas y aceites, detergentes y pesticidas organocloradas. (Ver apéndice B).

## A N T E C E D E N T E S

Bioensayo se define como una prueba de laboratorio en la cual se dósfica una cierta cantidad de un contaminante a un organismo y a lo largo de un tiempo determinado; observando el efecto del contaminante sobre los organismos del experimento. (Apha, 1976).

A nivel mundial se utiliza un gran número de sustancias químicas diferentes, cerca de cuatro millones de variedades según estimaciones recientes (Saen, 1986), de ese total 30,000 son producidos comercialmente, las restantes son productos intermedios o de desecho.

Debido al rápido aumento de la población y al consumo indiscriminado de sustancias tóxicas los ríos, lagos y el mar se han visto afectados por la contaminación. De aquí la importancia que desde la década de los 60's se este utilizando a los bioensayos como herramienta de evaluación en áreas como farmacología, fisiología, patología, salud pública y biología (González, 1982); ya que el irracional manejo de sustancias y compuestos tóxicos han provocado cambios en el medio ambiente y en algunos casos se han observado efectos directos en diversos organismos, y por lo tanto la posibilidad de alterarse la cadena alimenticia (DDF/DGCOH, 1981).

Hoy en día la información toxicológica se basa en estudios sobre concentraciones letales de compuestos o elementos químicos en diferentes organismos (Sprague, 1971; Spehar, 1980; E.P.A., 1976; etc.). Además de algunos estudios de efectos a nivel hispatológico y de bioacumulación, generalmente en peces (Sppiesser, 1980; Ronald, 1981; Arthur, 1944; etc.).

Sin embargo estudios sobre mezclas tan complejas como son las aguas residuales, en las cuales existen un sinfin de contaminantes

(pesticidas, metales pesados, detergentes, grasas, hidrocarburos, etc.), ver anexo D, además de la existencia de fenómenos antagónicos y sinérgicos entre estos y la cuantificación de daños por estas aguas, la información es mínima (Spiesser, 1980).

Por tal motivo al considerarse la problemática del crecimiento de la demanda de agua potable y la escasez de éste recurso, en el caso particular del D.F. y por lo tanto la necesidad de diversificar los usos del agua residual tratada (P.M.T.R., 1982), evaluando los daños en consumidores directos e indirectos, desde 1984, dentro de la DGCOR se lleva a cabo un programa de evaluación del agua renovada, por medio de bioensayos utilizando organismos acuáticos, mamíferos y vegetales (DDF/DGCOR, 1985); cuya finalidad es utilizar sin riesgos para la salud del hombre y otros organismos, los efluentes obtenidos de diversas secuencias de tratamiento a nivel secundario y terciario de agua residual en los usos previstos por el P.M.T.R., 1982.

Este trabajo de tesis forma parte del programa de bioensayos y únicamente contempla el estudio histopatológico, existiendo fases anteriores a este, habiéndose realizado un informe que integra: selección de especies de prueba, aclimatación, concentraciones letales del agua residual tratada y evaluación F.Q.B. del agua renovada, (DDF/DGCOR, 1985); además un informe en proceso a este estudio que trata la bioacumulación de tóxicos en tejidos (DDF/DGCOR, 1987).

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua residual tratada obtenida de un proceso a nivel secundario y su factibilidad en el uso de acuicultura y pesca, a través del estudio histopatológico en bioensayos con trucha arcoiris (Salmo gairdneri).

### OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Determinar las concentraciones de prueba para el ensayo de exposición prolongada en el cual se evaluarán daños crónicos.
- 2.- Determinar las lesiones microscópicas en: riñón, hígado, corazón estómago, intestino, cerebro, bazo, músculo y piel, en los organismos de prueba, por la exposición prolongada en las diferentes concentraciones de agua tratada a nivel secundario.
- 3.- Determinar la calidad física, química y biológica (FQB) del - - agua residual tratada que no cause daños a los organismos de - - ensayo.
- 4.- Señalar los posibles compuestos presentes en el agua tratada, - causantes de los daños encontrados en los organismos de prueba.

### 1.3. HIPOTESIS

A mayor dilución del agua residual tratada a nivel secundario se obtendrá una mejor calidad FQB que reducirá por el contacto de estas aguas, la probabilidad de encontrar daños en los órganos de la especie de prueba.

## CAPITULO 2

### METODOLOGIA

En este capítulo se expone la manera como se estructura la experimentación de forma sistemática para verificar la hipótesis formulada. (Fig. 1).

#### 2.1. ESPECIE DE PRUEBA

Como sujetos de experimentación fueron seleccionados al azar - 150 organismos crías de la especie trucha arcoiris (Salmo-gairdneri) de una longitud entre 5 a 7 cm aproximadamente, provenientes del Centro Trutícola el "Zarco". Esta especie fué elegida de acuerdo a sus características como: Susceptibilidad a compuestos presentes - en el agua, abundancia y disponibilidad durante todo el año y fácil transportación.

#### 2.2. LABORATORIO DE ENSAYO

Para el desarrollo del Bioensayo se contó con un laboratorio - experimental, ubicado en la planta de tratamiento de agua residual - "Cerro de la Estrella", Iztapalapa.

##### 2.2.1 RECINTO EXPERIMENTAL

Se dispuso de una superficie aproximada de  $18 \text{ m}^2$  en la cual se encuentran dos tanques de fibra de vidrio de 1000 litros con la

cidad de recircular agua para mantener constante la oxigenación del agua durante el período de aclimatación de los peces de ensayo, así como conexiones de drenaje para realizar una limpieza rápida de estos tanques, también estuvieron provistos de difusores de piedra para suministro de aire y una conexión a las válvulas de agua potable.

### 2.2.2 RECIPIENTE DE ENSAYO

Dentro del recinto experimental se ubicaron doce peceras de vidrio de 80 cm de largo, 40 cm de ancho y 45 cm de altura, con una capacidad de 128 litros; cada pecera provista con un difusor de aire - conectados a una compresora, así como conexiones de tubería para agua potable y líneas del agua prueba.

### 2.3 PROCEDIMIENTO

Comprendió las siguientes etapas; prueba preliminar de aclimatación; selección de la concentración de prueba, concentración letal, - bioensayo de exposición prolongada (daños crónicos), medición y observaciones durante el ensayo, monitoreo y análisis físico, químico y - biológicos del agua prueba, análisis histopatológicos y procesamiento estadístico de la información (Figura 1).

### 2.3.1 PRUEBA PRELIMINAR DE ACLIMATACION

Esta etapa se realizó con el fin de saber si era posible controlar sus requerimientos medio ambientales de la especie de prueba; los parámetros que se midieron fueron: Temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total, dureza total y nitrógeno amoniacal (Apéndice 1); así como su alimentación y manejos en el laboratorio y con esto determinar si la especie es la adecuada para el ensayo.

### 2.3.2 ACLIMATACION FORMAL

Una vez que se determinó la adaptación a las nuevas condiciones ambientales que prevalecían en la zona de experimentación, la especie de prueba se sometió por un período de quince días a una aclimatación, esto antes del inicio de los ensayos, con el fin de que los organismos enfermos ó con conducta anormal fueron eliminados y no interfirieran en los resultados del Bioensayo.

Durante este período los peces se alimentaron diariamente dos veces al día y dos días antes de iniciar la experimentación no se les suministró alimento debido a que con el stress y el proceso metabólico activo existe la posibilidad de muerte de los peces.

### 2.3.3 SELECCION DE LAS CONCENTRACIONES DE PRUEBA

La determinación de las concentraciones de prueba, se realizó - a partir de un ensayo preliminar en el cual se probaron seis concentraciones ó diluciones escogidas con base a una escala logarítmica, APHA 1983, y que se puede expresar en % por volumen, miligramos por litro o partes por millón.

### 2.3.4 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION LETAL

Se trabajó las concentraciones de prueba en % por volumen ya - que se manejó volúmenes de agua, este por ciento abarcó un rango de - 100 a 0%, siendo el 100% el agua obtenida del efluente secundario a partir del cual se hicieron las demás diluciones, utilizando para - estas agua potable como diluyente; el 0% representó el agua de dilución que funcionó como testigo ó control.

En las seis diluciones de ensayo establecidas con anterioridad, se colocaron diez organismos sanos durante un período de 96 horas - determinando la concentración letal de compuestos tóxicos presentes en el agua de estudio ( $LC_{50}$ ).

### 2.3.5 BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA (DAÑOS CRONICOS)

Con base a la concentración letal, se determinó seguir con las cinco concentraciones de prueba para la evaluación de los daños crónicos y fueron: 32, 42, 56, 75 y 100% del agua del efluente secundario y el control ya que no se presentó letalidad a este nivel de tratamiento de agua residual. Cada dilución representa el 75% de la anterior con el fin de tener diferencias iguales entre cada dilución de prueba.

Se introdujeron diez organismos en cada dilución de ensayo, manteniéndose por un período aproximado de 8 meses.

### 2.3.6 OBSERVACIONES Y MEDICIONES DURANTE EL ENSAYO

Diariamente se registró la conducta de los peces, así como los organismos muertos; además de realizar las determinaciones de los parámetros de control ya mencionados en el punto 2.3.1. También se practicó la limpieza diaria de los recipientes de ensayo así como los cambios semanales del agua prueba.

### 2.3.7 MONITOREO Y ANALISIS FQB DEL AGUA DE ENSAYO

Durante todo el tiempo de experimentación y especialmente cuando se hacia el cambio de agua semanalmente, se muestreo y caracterizó la calidad física, química y biológica de las diluciones de prueba -

32, 56, 100% y control; estos con el objeto de conocer las concentraciones de los tóxicos presentes en el agua de ensayo, teniendo especial atención sobre los metales pesados y pesticidas organoclorados, además de considerar los parámetros físicos, nutrientes, minerales, detergentes y grasas (Apéndice B). En cuanto a las concentraciones 42 y 75% no fueron monitoreadas debido a los altos costos de análisis.

#### 2.3.8 ANALISIS HISTOPATOLOGICOS

Al término de la experimentación se sacrificaron a todos los peces por decapitación, para posteriormente practicarles la necropsia de acuerdo con el método establecido por Amlacher 1970, se registraron las características externas e internas del pez, después se preservaron en una solución de formol bufferado<sup>1</sup> con el propósito de detener el proceso de lisis o post-mortem y realizar el estudio histológico, para el cual se utilizó la técnica de inclusión en parafina y tinción de hematoxilina-eosina (Apéndice E).

El análisis histopatológico se realizó en todos los órganos de los peces: Riñón, hígado, branquias, corazón, bazo, estómago, ciegos pilóricos, intestino, gonadas, cerebro, páncreas, músculo y piel.

<sup>1</sup> Ver apéndice E.

## 2.4 PROCESAMIENTO ESTADISTICO DE LA INFORMACION

Los resultados obtenidos de los parámetros que se midieron diariamente y la caracterización semanal del agua de ensayo se analizaron estadísticamente, calculandose la media geométrica, la media aritmética y la desviación standard. Y se consideraron todos estos datos para una evaluación durante el periodo de experimentación. Tomando en cuenta el número más probable de aparición al 80%. (Análisis estadístico de computo implantado por la DGCOH).

En cuanto a los resultados histopatológicos, estos se procesaron y analizaron estadísticamente a través de la prueba exacta de Fisher (SIEGEL, 1985), con un nivel de significancia de 0.05:

Fórmula:

$$P = \frac{(A + B) \cdot (C + D) \cdot (A + C) \cdot (B + D)}{N \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D}$$

DONDE:

- A= Frecuencia de casos positivos en el grupo tratado
- B= Frecuencia de casos negativos en el grupo tratado
- C= Frecuencia de casos positivos en el grupo testigo
- D= Frecuencia de casos negativos en el grupo testigo
- N= Número total de observaciones individuales

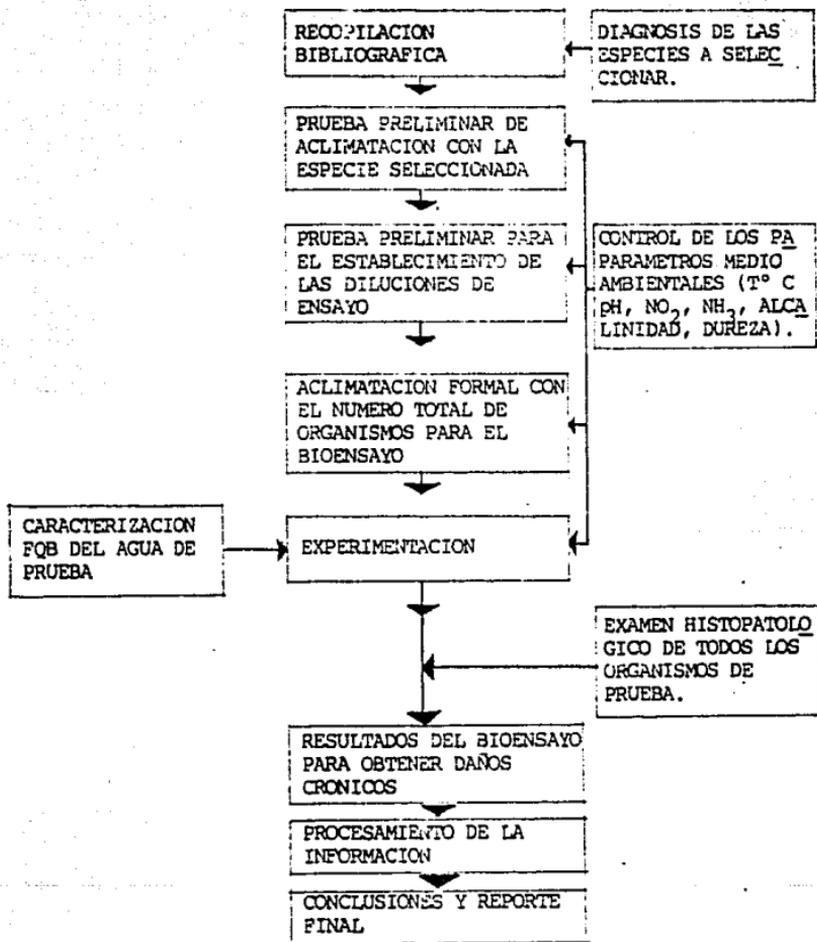


FIG. 1 METODOLOGIA DEL BIOENSAYO CON PECES PARA DETERMINAR DAÑOS HISTOPATOLOGICOS.

## CAPITULO 3

### RESULTADOS

Los resultados se refieren a la evaluación de la calidad del agua renovada del efluente secundario, a través de los daños histopatológicos encontrados en los organismos de ensayo.

#### 3.1. CONCENTRACION LETAL

Como se mencionó en la metodología la especie de prueba fué la trucha arcoiris, seleccionada por su sensibilidad a compuestos químicos disueltos en el agua, disponibilidad y abundancia durante todo el año además de la fácil transportación al área experimental asimismo por conocer sus requerimientos medio ambientales como oxígeno, temperatura, pH, nitrógeno amoniacal, dureza y alcalinidad (APHA-1983).

En el primer paso de la experimentación se determinó la concentración letal ( $CL_{50}$ ) del agua del efluente secundario a las 96 horas de exposición, lo cual permitió la selección de las concentraciones de prueba para el bioensayo de exposición prolongada. En anteriores trabajos (DGOH, 1986), se encontró que la concentración letal a las 96 horas en trucha arcoiris expuesta al agua residual que llega a la planta "Cerro de la Estrella" es del 53% considerando la existencia de una influencia industrial y doméstica de un 50% cada una, en el cuadro 6 se indican las concentraciones de los compuestos presentes

en esta agua residual causantes del 50% de organismos muertos de la muestra poblacional.

Por otra parte en el bioensayo corto con agua renovada del - - efluente secundario, se calculó que ha este nivel de tratamiento el agua no es agresiva por un período de 96 horas, no existiendo concentración letal. En el cuadro 6 se indican las concentraciones de los compuestos una vez aplicado el tratamiento secundario. Con base en lo anterior se continuo la experimentación con las mismas diluciones de ensayo establecidas en la metodología, con el fin de realizar el siguiente bioensayo de exposición prolongada para determinar daños - histopatológicos.

### 3.2. BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA

En el transcurso de los 8 meses que tardó este bioensayo se registraron cinco muertes de organismos en las diferentes diluciones: Uno en el control, dos en la concentración del 32%, uno en la 42%, y uno en la pecera 75%, los tres primeros saltaron de los acuarios y - los otros dos murieron por estar enfermos, en el caso del pez de la dilución 32% tenía una marcada exoftalmia desde el inicio de la experimentación no obstante fue empleado por no considerarse este daño no letal debido ha que otros peces lo presentaban, el otro pez no ingería alimento además de perder el equilibrio al nadar, por lo cual al -

poco tiempo murió; a estos peces no se les practicó el análisis histopatológico por encontrarse en estado de descomposición (efecto pos morten), al sacarlo de los acuarios.

Durante el tiempo de experimentación se logró apreciar un - - comportamiento aparentemente normal de los peces de las diferentes concentraciones de ensayo, sin embargo únicamente cuando se efectuó el cambio semanal del agua prueba los organismos tomaban una actitud de nerviosismo y agrupamiento en las esquinas del acuario, esto provocado por el stress cuando los trasladábamos de un recipiente a otro, conducta que desaparecía casi inmediatamente: así mismo no se observó ninguna otra alteración anormal durante el ensayo.

En cuanto a la relación longitud-peso de los organismos de ensayo (Ver cuadro 1) esta se mantuvo dentro de los rangos calculados para condiciones de cultivo de trucha arcoiris y en el cuadro 2 se muestra la comparación de talla-peso-tiempo en los diferentes estadios de su ciclo de vida.

Al comparar la talla y el peso entre las diferentes concentraciones de prueba como se muestra en el cuadro 3 y observar algunas diferencias significativas, se realizó un análisis estadístico en el cual se supuso un desarrollo y crecimiento normal para la pecera tes tigo y fue como se le dió un valor igual a uno, encontrando que dife

N <sup>o</sup>	TESTIGO		32		42		56		75		100		
	ORIG.	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO
1		13	27.8	18.6	96	19.2	99.9	12	26	14.5	39.9	18.5	84.8
2		23	180.5	17	66.5	15.6	55	14	46	19.5	106	16.9	74.2
3		19.7	100.7	12.4	28.4	15.2	52.3	15.2	4x7.8	10.5	15	14.5	30.5
4		18.4	94	18.9	103	19.2	99.9	12.4	26.5	21.4	135.1	20.5	16.5
5		15.5	48.5	20.5	125.5	19	99	17.8	74.6	21.3	137	17	75
6		16.3	70.9	16.8	73	20	113	20.7	117.2	16.5	69.4	18.3	90.6
7		17.5	80.2	20	123	19	105	17.5	84.3	17.8	81.9	15	52.7
8		14.0	42.8	14.6	44	20	118	17.4	76.5	15.8	55.3	13.8	34.4
9		15.2	47.8			18.5	88	19.5	200	12.4	27.6	19.2	99.7
10								18.4	9x6.2			15.0	49.4

CUADRO No. 1 RELACION LONGITUD-PESO DE LOS ORGANISMOS DE PRUEBA AL FINAL DEL BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA.

ESTADIO	TALLA	PESO	TIEMPO
Huevo	25-5 mm	- - -	35 días
Alevín	15-20 mm	- - -	60 días
Cría	2-4 cm	0.7-2.5	- - - -
Cría	10-15 cm	11-40 gr.	120
Juvenil	15-20 cm	40-90 gr.	300
Adulto	20-15 cm	90-200 gr.	365
Adulto	30 cm	300 gr.	720
Adulto	50-70 cm	8-10 Kg.	- - -

CUADRO No. 2 RELACION LONGITUD-PESO EN CONDICIONES NORMALES DE CULTIVO  
 PARA TRUCHA ARCOIRIS (Salmo-gairdneri)  
 REP( ).

A TESTIGO		B 32%		B 42%		D 56%		E 75%		F 100%	
TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO	TALLA	PESO
$\bar{X}$ = 16.95	X=77.02	X=17.35	X=82.42	X=18.41	X=92.23	X=16.49	X=69.51	X=16.63	X=74.13	X=16.87	X=60.78
S= 3.09	S= 45.91	S=2.76	S=35.55	S=1.77	S=23.50	S=2.95	S=31.58	S=3.78	S=44.65	S=2.24	S=28.14
No diferencia significativa		A:B		A:C		A:D		A:E		A:F	
R = 1:1		TALLA		TALLA		TALLA		TALLA		TALLA	
Testigo = 1		1:1.02		1:1.08		1:0.97		1:0.98		1:0.99	
Diferencia significativa con valores menores ó mayores de 0.2 U.		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO	
		1:1.07		1:1.19		1:0.90		1:0.96		1:0.78	

CUADRO No. 3 RELACION LONGITUD-PESO ENTRE LOS ORGANISMOS DE LAS DIFERENTES DILUCIONES DE PRUEBA Y EL TESTIGO.

rencias por abajo ó por encima de 0.2 unidades se consideraron como significativos; siendo en la mayoría de los casos no existir una influencia directa del agua sobre el desarrollo de los organismos de ensayo durante los ocho meses de experimentación ya que se observó una relación aproximada de 1:1, sin embargo en la dilución del 100% no existió una relación normal en cuanto al peso que fue de 1:0.78.

### 3.3. CARACTERIZACION FQB DEL AGUA PRUEBA UTILIZADA EN EL BIOENSAYO - DE EXPOSICION PROLONGADA.

Durante los 8 meses de experimentación se determinaron diariamente los parámetros físicos y químicos para el control de la experimentación, estos se mantuvieron dentro de los rangos establecidos para la cría de trucha arcoiris, Secretaría de Pesca 1981; en el cuadro 4 se observa que la temperatura osciló en un rango de 14 a 16° C en todas las diluciones de ensayo, así mismo la alcalinidad entre 195 a 221 ppm, el oxígeno disuelto entre 6 y 6.66 ppm y el pH de 8 a 8.3; sin embargo el nitrógeno amoniacal siempre estuvo por arriba del nivel permisible para el cultivo de esta especie que es de 0.02 ppm - - (Ronald, 1981.)

Referente a la caracterización física, química y biológica del agua prueba, esta fue monitoreada semanalmente durante los 8 meses de experimentación, analizando únicamente las concentraciones 100, 56, 32% y testigo (agua de dilución), en los parámetros físicos, nutrien

BIOENSAYO No. 5		PROCESO: EFLUENTE DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO			EXPOSICION EN MESES: 8			
DILUCION	NO. PECES INTRODUCIDOS PARA HIST.	OXIGENO DI SUELTO mg/l	TEMPERATURA °C	pH	ALCALINIDAD TOTAL mg/l	DUREZA TOTAL mg/l	NITROGENO AMONICAL mg/l	BIOXIDO DE CARBO NO mg/l
TESTIGO	10	6.65	14.84	8.23	220.58	185.60	0.030	0
32	10	6.596	14.915	8.29	209.924	189.96	0.138	0
42	10	6.443	14.92	8.299	206.98	196.91	0.323	0
56	10	6.454	15.15	8.273	204.040	190.38	0.492	0
75	10	6.464	15.12	8.233	198.152	197.05	0.616	0
100	10	6.33	15.33	8.1759	196.674	198.78	0.770	0

CUADRO No. 4 BIOENSAYO DE EXPOSICION PROLONGADA CON AGUA DEL EFLUENTE SECUNDARIO DE LA PLANTA "CERRO DE LA ESTRELLA" Y SUS MEDIAS DE LOS PARAMETROS DE CONTROL.

tes, minerales, metales pesados, detergentes, grasas y pesticidas clorados que se enlistan en el cuadro 5 con los resultados ya procesados estadísticamente.

De los 28 análisis realizados, en el caso particular de los pesticidas se obtuvieron resultados de no detectados, no obstante fueron considerados los valores límites que detecta la técnica de cromatografía de gases el cual es de 0.000001 mg/l y se utilizó para el procesamiento estadístico.

En el cuadro 6 aparece la comparación entre la concentración letal del agua residual, el agua del efluente secundario de la planta "Cerro de la Estrella", agua de dilución y los criterios para acuacultura y pesca establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (E.P.A., 1976) y adoptados por la DGCOR.

CUADRO No. 5 CARACTERIZACION FISICA, QUIMICA Y BIOLOGICA DE LAS DIFERENTES DILU  
CIONES DEL AGUA PRUEBA DURANTE LOS 8 MESES DE EXPERIMENTACION

PARAMETRO	UNIDADES	TESTIGO 0%	DILUCION 32%	DILUCION 56%	DILUCION 100%
PH		8.0225	8.0026	7.9516	7.8138
COLOR					
TURBIDEZ	Pt-Co	12.544	26.1606	32.0310	47.04
TEMPERATURA	°C				
		217.4753	193.6081	180.6878	178.0304
ALC. TOTAL	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)				
ALC. A LA FENOLFTALEINA	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)				
DUREZA TOTAL					
CARBONATOS	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	10.5155	21.800	18.9357	164.250
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	Umhos/cm	566.7788	589.6464	657.5031	707.348
CLORUROS	mg/l	56.7494	57.2270	57.1592	57.201
BIOR	mg/l	0.4444	0.3730	0.3579	0.3057
NITROGENO AMONIAICAL	mg/l	0.21716	0.573	0.91988	1.08015
NITROGENO TOTAL	mg/l	0.3705	1.2283	1.7838	2.1125
NITRATOS					
FOSFORO TOTAL	mg/l	0.2183	1.6105	2.8437	4.1935
ORTOFOSFATOS	mg/L				
CALCIO TOTAL	mg/l	19.030	23.904	26.824	31.986
MAGNESIO TOTAL	mg/l	25.081	23.661	22.822	21.689
SODIO TOTAL	mg/l	75.549	80.776	82405	86.915
POTASIO TOTAL	mg/l	0.3053	11.676	13.143	16.719
SIERRO TOTAL	mg/l	0.083207	0.12	0.1087	0.1296
MANGANESO TOTAL	mg/l	0.11857	0.10180	0.075014	0.03719
PLOMBO TOTAL	mg/l	0.02878	0.032817	0.035652	0.028165
CADMIUM TOTAL	mg/l	0.002817	0.001678	0.001560	0.001560
MERCURIO TOTAL	mg/l	2.083E-04	2.4E-04	2.50E-04	2.304E-04
ARSENICO TOTAL	mg/l	1.512E-04	1.88E-04	2.16E-04	2.77E-04
CROMO TOTAL	mg/l	0.004122	0.0066	0.0051	0.0293
COLIFORMES TOTALES		8.79E 02	4.435E 04	6.418E 05	9.233E 04
DBO <sub>5</sub> TOTAL	mg/l	2.362	3.912	4.177	3.633
DDO TOTAL	mg/l	9.1153	21.3217	32.6753	43.367
GRASAS Y ACEITES	mg/l	5.0880	6.8452	9.7101	12.1721
SAAM	mg/l	0.0767	0.7196	1.069	1.7906
ENDOSULFAN (a y b)	mg/l	ND	ND	ND	ND
BHC (a,b,c,d,)	mg/l	0.00098	0.01425	0.02614	0.0413
ALDRIN	mg/l	0.000123	0.01149	0.01193	0.02587
DIELDRIN	mg/l	0.000001	0.000928	0.005265	0.00644
4,4' DDE	mg/l	0.00027	0.002906	0.003215	0.00765
4,4' DDD	mg/l	0.00022	0.009666	0.01241	0.017704
4,4' DDT	mg/l	0.000055	0.001928	0.00342	0.002962
HEPTACLORO	mg/l	0.003672	0.02737	0.038036	0.046095
HEPTACLORO EPOXICO	mg/l	0.000506	0.006094	0.00256	0.00265
TOXAFOXO	mg/l	0.0000009	0.000001	0.0000011	0.0000012

CUADRO No. 6 CARACTERIZACION PQB PARA AGUA DE DILUION Y AGUA PRUEBA ADEMAS DE LAS CONCENTRACIONES LETALES Y CRITERIOS DE CALIDAD

PARAMETRO	UNIDADES	INFLUENTE CL <sub>50</sub> = 53%	EFLUENTE TRAT. SEC. 100%	AGUA DE DILUION POTABLE 0%	CRITERIO PARA AGUA CULTURA
pH		8.33	7.81	8.022	7.5
COLOR	Pt-Co	39	47.04	12.594	15
TURBIDEZ	UNT	4.54	2.2064	0.8464	10
TEMPERATURA	°C				
ALC. TOTAL	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	248.15	178.0304	217.475	500
ALC. A LA FENOLTALEINA	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	5.67		4.5010	50
DUREZA TOTAL					
CARBONATOS	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	11.35	164.250	10.515	60
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	UmnoS3/cm	649.5	707.398	566.775	500
CLORUROS	mg/l	59.75	57.201	56.749	500
BORO	mg/l	0.428	0.3057	0.444	2
NITROGENO AMONIACAL	mg/l	5.94	1.08	0.2484	0.02
NITROGENO TOTAL	mg/l	7.88	2.1125	0.3705	10
NITRATOS	mg/l				
FOSFORO TOTAL	mg/l	2.83	4.1935	0.2183	50
ORTOFOSFATOS	mg/l				
CALCIO TOTAL	mg/l	79.50	31.986	19.030	100
MAGNESIO TOTAL	mg/l	16.02	21.684	25.041	100mg/l
SODIO TOTAL	mg/l	35.08	86.915	75.549	200
POTASIO TOTAL	mg/l	28.72	16.719	0.3053	150
PIERPO TOTAL	mg/l	0.182	0.1296	0.083207	0.1
MANGANESO TOTAL	mg/l	0.083	0.03719	0.11857	0.1
PLOMO TOTAL	mg/l	ND	0.02816	0.02878	0.1
CADRIO TOTAL	mg/l	ND	0.001560	0.002817	0.0012
MERCURIO TOTAL	mg/l		0.0002204	0.0002883	0.00005
ARSENICO TOTAL	mg/l	2.3E-03	0.000277	0.0001512	0.05
CROMO TOTAL	mg/l	0.016	0.0293	0.004122	0.1
COLIFORMES TOTALES			9.233E 04	1.24 E 02	16000E06
DBO <sub>5</sub> TOTAL	mg/l	NE	3.633	2.2005	
DDO TOTAL	mg/l	47.37	143.367	9.1153	
GRASAS Y ACEITES	mg/l	NE	12.1721	5.0880	10
SAAM	mg/l	NE	1.7906	0.07	0.5
ENDOSULFAN (a y b)	mg/l	ND	ND	ND	0.00001
BHC (a,b,c,d)	mg/l	0.0016	0.0413	0.00098	3E-03
ALDRIN	mg/l	0.010	0.02587	0.000123	0.000003
DIELDRIN	mg/l	ND	0.0064451	0.0000001	2.4E-06
4,4' DDE	mg/l	ND	0.00765	0.000278	2.4E-07
4,4' DDD	mg/l	ND	0.0177048	0.0002236	0.000001
4,4' DDT	mg/l	ND	0.002962	0.000055	0.000001
HEPTACLORO	mg/l	ND	0.0460953	0.003672	2.3E-06
HEPTACLORO EPOXIODO	mg/l	0.087	0.002657	0.000506	2.7E-06
TOXAFENO	mg/l	NE	0.0000012	0.0000009	7 E-06

### 3.4. ANALISIS HISTOPATOLOGICO

Para el análisis histopatológico fueron considerados 13 órganos de cada pez de ensayo que se mantuvieron en las seis concentraciones de prueba.

En el cuadro 7 se enlistan las lesiones en orden creciente de afección para cada uno de los órganos analizados de los peces, indicando con una "x" el grado de lesión y aumentando el número de "x" - al incrementarse la afección. En este análisis se tomaron en cuenta todos los órganos que aparecen en el cuadro 7, y también se realizó el diagnóstico en gonodas y cerebro, sin embargo, por no encontrar - ninguna lesión para los peces de las diferentes diluciones de ensayo ya no fueron anotados en la lista.

Por otro lado en el cuadro 8 se observa el número de organismos de cada dilución con su total de órganos afectados, es así que el numerador indica el número de organismos afectados y el denominador el número total de organismos analizados por dilución.

Durante las observaciones al microscopio se notó claramente que los órganos más dañados dado el grado de infección fueron el hígado, riñón y branquias, así como los ciegos pilóricos donde se presentó - una ligera irritación zonal.

CUADRO No. 7 LESIONES MICROSCOPICAS EN ORDEN CRECIENTE PARA LOS  
DIFERENTES TEJIDOS DE LOS PECES DE PRUEBA.

ORGANO	LESIONES MICROSCOPICAS	CLAVE
HIGADO	DEGENERACION TURBIA DEGENERACION HIDROPICA DEGENERACION GRASA DEGENERACION GRASA Y NECROSIS DEGENERACION GRASA, NECROSIS Y CONGESTION	X XX XXX XXXX XXXXX
RIÑON	DEG. TURBIA DEL EPITELIO TUBULAR DEG. HIDROPICA DEL EPITELIO TUBULAR PRESENCIA DE MATERIAL EOSIMOFILO EN LAS LUCES DE LOS TUBULOS PRESENCIA DE MATERIAL EOSIMOFILO EN ESPACIO DE BOWMAN (NECROSIS) NECROSIS	X XX XXX XXXX XXXXX
BRANQUIAS	HIPERPLASIA ZONAL O LOCALIZADA HIPERPLASIA BASAL HIPERPLASIA GENERALIZADA DE ALGUNAS LAMELAS HIPERPLASIA GENERALIZADA DE MUCHAS LAMELAS DEGENERACION MUCOSA	X XX XXX XXXX XXXXX
INTESTINO	DEGENERACION TURBIA DEGENERACION HIDROPICA DEG. DE LA MUCOSA DEL EPITELIO DEG. CON NECROSIS Y DESCAMACION	X XX XXX XXXX
ESTOMAGO	DEG. MUCOSA O TURBIA DEG. TURBIA DEL EPITELIO DE LA SUBMUCOSA	X XX
CIEGOS PILORICOS	DEG. TURBIA DEL EPITELIO GLANDULAR DEGENERACION MUCOSA NECROSIS DEL EPITELIO GLANDULAR	X XX XXX
CORAZON	INFILTRACION GRASA CONGESTION E INFILTRACION GRASA NECROSIS COAGULATIVA INCIDENTAL	X XX XXX
PIEL	CELULAS CALCIFORMES EN EPITELIO	X
PANCREAS	DEPLESION EN EL SIMOGENO NECROSIS	X XX
BAZO	DEPLESION LINFOIDE	XX
MUSCULO	INFILTRACION GRASA	X

ORGANO	DILUCIONES LESIONES	0%	32%	42%	56%	75%	100%
Hígado	Sin cambio patológico aparente	3/9	0/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Degeneración turbia	0/9	2/8	0/9	0/10	3/9	5/10
	Degeneración hidropica	0/9	0/8	0/9	2/10	3/9	0/10
	Degeneración grasa	6/9	2/8	3/9	5/10	0/9	5/10
	Degeneración grasa v necrosis	0/9	2/8	3/9	2/10	0/9	0/10
	Deg. grasa, necrosis y conges.	0/9	2/8	3/9	0/10	3/9	0/10
Riñón	SCPA	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Deg. turbia del epitelio tub.	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Deg. hidropica del epitelio tub.	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	De presencia de material eosinofilo en las luces de los túbulos.	3/9	2/8	2/9	0/10	0/9	5/10
	Presencia de material eosinofilo en los espacios de Bowman(Nepr. (nefrosis)	6/9	6/8	7/9	5/10	9/9	5/10
		(nefrosis)	0/9	0/8	0/9	5/10	0/9
Branquia	SCPA	0/9	2/8	0/9	3/10	0/9	0/10
	Hiperplasia zonal ó localizada	9/9	3/8	7/9	5/10	0/9	0/10
	Hiperplasia basal	0/9	2/8	2/9	3/10	0/9	0/10
	Hiperplasia generalizada de algunas lamelas	0/9	0/8	0/9	0/10	3/9	6/10
	Hiperplasia generalizada de muchas lamelas	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	2/10
	Degeneración mucosa	0/9	2/8	0/9	2/10	6/9	2/10
Intestino	SCPA	0/9	2/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Degeneración turbia	0/9	0/8	3/9	0/10	3/9	4/10
	Degeneración hidropica	0/9	0/8	3/9	0/10	0/9	0/10
	Deg. de la mucosa del epitelio	9/9	3/8	6/9	10/10	6/9	6/10
	Deg. con necrosis y descamación	0/9	3/8	6/9	0/10	0/9	0/10
Estómago	SCPA	6/9	3/8	0/9	4/10	4/9	5/10
	Deg. mucosa ó turbia	0/9	3/8	7/9	0/10	0/9	5/10
	Deg. Turbia del epit. submucosa	3/9	2/8	2/9	6/10	5/9	0/10
Ciegos Pilóricos	SCPA	6/9	2/8	6/9	5/10	9/9	3/10
	Deg. Turbia del epitelio gland.	3/9	2/8	3/9	0/10	0/9	0/10
	Degeneración mucosa	0/9	4/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Necrosis del epitelio glandular	0/9	0/8	0/9	5/10	0/9	5/10
Corazón	SCPA	9/9	3/8	7/9	10/10	6/9	7/10
	Infiltración grasa	0/9	0/8	0/9	0/10	3/9	0/10
	Infiltración grasa v congestión	0/9	0/8	2/9	0/10	0/9	3/10
	Necrosis coagulativa incidental	0/9	0/8	3/9	0/10	0/9	0/10
Páncreas	SCPA	9/9	6/8	9/9	5/10	3/9	5/10
	Depresión en el simógeno	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	0/10
	Necrosis	0/9	2/8	0/9	5/10	6/9	5/10
Bazo	SCPA	9/9	---	7/9	7/10	---	0/10
	Depresión	0/9	---	2/9	3/10	---	10/10
Músculo	SCPA	9/9	8/8	3/9	10/10	9/9	5/10
	Infiltración grasa	0/9	0/8	0/9	0/10	0/9	5/10
Piel	SCPA	0/9	6/8	6/9	7/10	9/9	10/10
	Celulas calciformes en epitelio	0/9	2/8	3/9	3/10	0/9	0/10

S C P A = Sin cambios patológicos aparentes

CUADRO No. 3 No. DE ORGANISMOS AFECTADOS POR ORGANO EN LAS DIFERENTES DILUCIONES DE ENSAYO.

En el hígado se apreció una degeneración grasa (Fotografía 1) -- en la mayoría de los organismos de prueba en donde hubo 6 organismos de 9 con esta lesión lo que representa el 66% para esta pecera<sup>1</sup> y en las demás se obtuvo un valor por debajo de este porcentaje, considerando que la dilución del 56% el porcentaje fue de 60%; no expresándose un sentido lógico de afección conforme la concentración de contaminantes del agua de ensayo aumentaba, teniendo en las restantes diluciones del 32, 42, 75 y 100% el 25%, 33%, 0% y 50% de la lesión (degeneración grasa) respectivamente.

En el riñón se encontró una necrosis tubular renal (Fotografía-2) y al igual que en el hígado esta lesión se presentó en casi todos los organismos de ensayo, como se observa en el cuadro 8 en donde el 60% de los peces control estuvieron afectados y en las diluciones de ensayo fluctuó entre el 50 y 90% el número de peces que presentaban el mismo daño.

En cuanto a las branquias se observó una hiperplasia zonal en peces control en un 100%, comparado con una branquia normal (Fotografía 3) mientras que en la pecera del 56% se presentó una hiperplasia generalizada que se muestra en la (Fotografía 4) y en los peces del -- 75% y 100% una hiperplasia de muchas lamelas con degeneración mucosa en un 64% y 22% respectivamente (Fotografía 5). En general los porcentajes de lesión en los diferentes organismos varía desde 0 a 100--

(1) = PECERA CONTROL

teniendo una relación parecida a los anteriores órganos mencionados.

Una vez establecido el número de organismos de cada dilución -- que presentaron lesiones en alguno de sus órganos, los datos se trabajaron estadísticamente a través de la prueba exacta de Fisher -- (Siegel, 1985), con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ ; resultados que aparecen en el cuadro 9. De los datos arrojados por esta -- prueba en branquias se obtuvo un nivel de significancia de 0.0017, -- valor relacionado con la hiperplasia generalizada de algunas lamelas y de 0.0045 por una degeneración mucosa; al ser significativos indica la posibilidad de que el daño encontrado sea provocado por la exposición a ciertos contaminantes presentes en el agua de ensayo.

También resultaron ser significativos los daños encontrados en ciegos pilóricos (Fotografía 6) con una degeneración mucosa y necrosis del epitelio glandular con niveles de significancia de 0.0294 y 0.0216 en las concentraciones de 32, 56 y 100% respectivamente.

En el caso del páncreas y bazo se tienen valores significativos que están marcados con un asterisco en el cuadro 9 y todos los niveles de significancia son menores de 0.05.

Por otro lado los resultados arrojados por esta prueba en cuanto al hígado, hubo valores significativos de 0.0216 que representa una degeneración turbia y de 0.004 una degeneración grasa para la -- dilución 75 y 56% respectivamente.

CUADRO No. 9 RESULTADOS HISTOPATOLÓGICOS PROCESADOS ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DE LA PRUEBA EXACTA DE FISHER

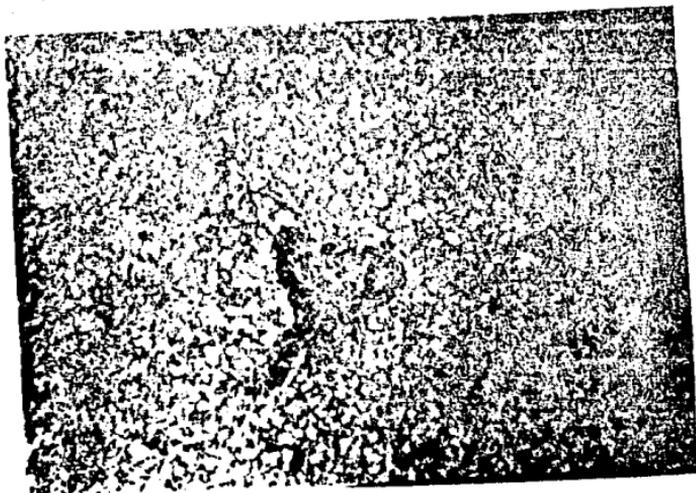
ORGANO	DILUCIONES LESIONES	A & B	A & C	A & D	A & E	A & F
Hígado	SCPA	0.1235	0.1029	0.086	0.1235	0.086
	Degeneración turbia	0.2058	1	1	0.1235	0.0216*
	Degeneración hidrópica	1	1	0.2631	0.1235	1
	Degeneración grasa	0.096	0.1451	0.350	0.004*	0.280
	De. grasa y necrosis	0.2058	0.1029	0.2631	1	1
	Deq. grasa, necrosis y cong.	0.2058	0.1029	1	0.1029	1
Riñón	SCPA	1	1	1	1	1
	Deg. turbia del epi. tubular	1	1	1	1	1
	Deg. hidrópica del epitelio tubular	1	1	1	1	1
	Presencia de material eosinófilo en las luces de los túbulos	0.380	0.352	0.086	0.1029	0.280
	Presencia de material eosinófilo en los espacios de Bowman (Nefrosis)	0.380	0.352	0.280	0.1029	0.280
	Nefrosis	1	1	0.0216	1	1
Branquia	SCPA	0.2058	1	1	1	1
	Hiperplasia zonal o localizada	0.0022*	0.2352	0.0216*	0.00002*	0.00002
	Hiperplasia basal	0.2058	0.2352	0.1258	1	1
	Hiperplasia generalizada de algunas lamelas	1	1	1	0.1029	0.0077*
	Hiperplasia generalizada de muchas lamelas	1	1	1	1	0.2631
	Deg. mucosa	0.2058	1	0.2631	0.0045*	0.2631
Intestino	SCPA	0.2058	1	1	1	1
	Deg. turbia	1	0.1029	1	0.1029	0.0541
	Deg. hidrópica	1	1	1	1	1
	Deg. de la mucosa del epitelio	0.009*	0.1029	1	0.1029	0.0541
	Deg. con necrosis y desc.	0.082	1	1	1	1
	SCPA	0.1935	0.0045*	0.1908	0.012*	0.280
Estomago	Deg. mucosa o turbia	0.0823	0.0011*	1	1	0.0216*
	Deg. turbia del epitelio submucosa	0.380	0.3529	0.2909	0.0127*	0.086
	SCPA	0.0967	0.380	0.2800	0.1029	0.280
Ciegos Pilóricos	Deg. turbia del epitelio glandular	0.356	0.380	0.0866	0.086	0.086
	Deg. mucosa	0.02947	1	1	1	1
	Necrosis del epitelio glandular	1	1	0.0216	1	0.0216
	SCPA	1	0.2352	1	0.1029	0.1238
Corazón	Infiltración grasa	1	1	1	0.1029	1
	Congestión e inf. grasa	1	0.2352	1	1	0.0023*
	Necrosis coag. incidental	1	1	1	1	1
	SCPA	0.2058	1	0.0216*	0.0045*	0.0216*
Páncreas	Depresión en el simógeno	1	1	1	1	1
	Necrosis	0.2058	1	0.0216*	0.0045*	0.0216*
	SCPA	---	0.2352	0.1238	---	0.0001*
Bazo	Depresión	---	0.2352	0.1238	---	0.0001*
	SCPA	1	1	1	1	0.0216
Músculo	Infiltración grasa	1	1	1	1	0.0216
	SCPA	0.2058	0.1029	0.1238	1	1
Piel	SCPA	0.2058	0.1029	0.1238	1	1
	Células calciformes en ep.	0.2058	0.1029	0.1238	1	1

\* = 0.5, A = Testigo, B = 32%, C = 42%, D = 56%, E = 75%, F = 100%, \* DENO POST-MORTEM

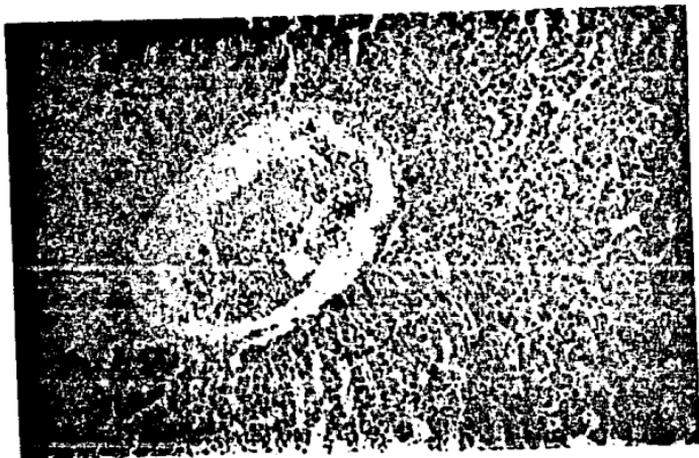
En el caso del riñón se encontraron niveles de significancia de 0.0216 para la pecera 56% correspondiente a la necrosis de los túbulos renales; en cuanto al control se obtuvo una nefritis avanzada en un 66% de los organismos.

De los restantes órganos estudiados en algunos resultaron lesiones significativas como en el caso del corazón donde se presentó una ligera infiltración grasa (Fotografía 8) con un nivel de significancia de 0.0023 al igual que en músculo con un valor de 0.0216 en la concentración del 100%, pero generalmente el tejido muscular en todos los organismos de ensayo no presentó lesión (Fotografía 9).

Por último los daños encontrados en páncreas no se consideraron para el análisis final de los resultados, por conocer que los daños fueron producidos por el proceso postmortem al practicarse una mala fijación del tejido.



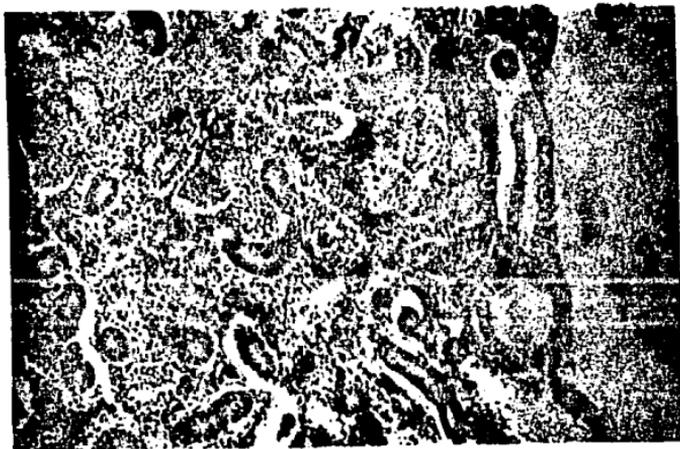
1. DEGENERACION GRASA EN HIGADO



1.A. HIGADO NORMAL



2. NECROSIS TUBULAR RENAL



2.A. RIÑON NORMAL



3. BRANQUIAS NORMALES



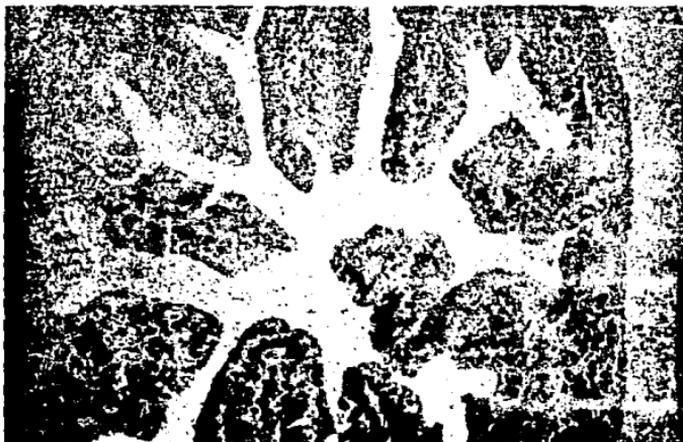
4. HIPERPLASIA GENERALIZADA EN BRANQUIAS



5. HIPERPLASIA GENERALIZADA CON DEGENERACION MUCOSA EN BRANQUIAS.



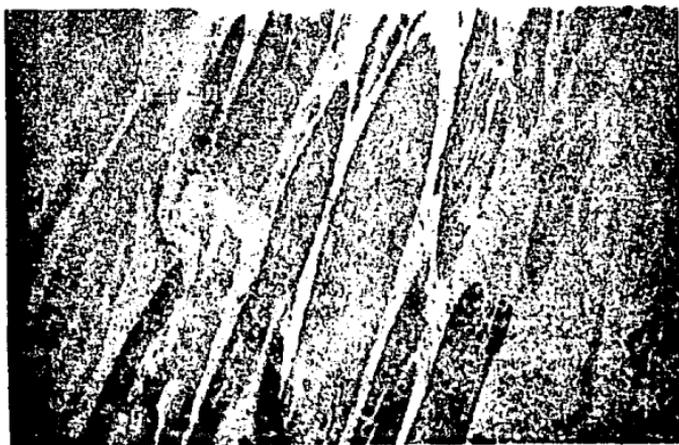
6. DEGENERACION MUCOSA Y NECROSIS DEL EPITELIO GLANDULAR EN CIEGOS PILORICOS.



6.A. CIEGOS PILORICOS NORMALES



8. INFILTRACION GRASA EN MUSCULO CARDIACO



8.A. MUSCULO NORMAL ESQUELETICO

## CAPITULO 4

### DISCUSION

Para la evaluación física, química y biológica de este tipo de agua en un uso determinado como el de acuicultura, se toma generalmente como base y herramienta de evaluación los daños crónicos en los organismos de ensayo, originados por los compuestos tóxicos contenidos en el agua. Sin embargo, esta forma de evaluación se dificulta en extremo por los fenómenos de sinergismo y antagonismo (Spieser, 1980), que participan de forma fundamental en las acciones tóxicas y sobre todo en aquellas aguas donde existen numerosas mezclas de sustancias contaminantes, como es el caso de las aguas residuales. Por tal motivo sería imposible referir los daños encontrados a un solo tóxico, además de existir muchos compuestos causantes del mismo tipo de lesión, por lo que la evaluación del agua en estudio se medirá como un todo ó una unidad, producto de un proceso de tratamiento secundario de lodos activados y únicamente aplicable para la planta de tratamiento "Cerro de la Estrella" Iztapalapa, ya que cada tipo de agua en el D.F. presenta una composición química diferente y por lo tanto una toxicidad también diferente.

Por otra parte se analizarán individualmente aquellos compuestos tóxicos que puedan causar las lesiones y se encuentran como referencia toxicológica y así poder comparar con los criterios de calidad -

de agua para el uso de acuicultura y pesca establecidos por la Agencia de Protección del Medio Ambiente E.P.A., 1976.

De esta forma los resultados mostraron que las lesiones más notables; microscópicamente fueron detectados en hígado, riñón, branquias y ciegos pióricos; de estas lesiones se puede observar en el cuadro 3 que las lesiones tanto en hígado como en riñón se encontraron en todos los organismos de ensayo de las diferentes diluciones, no presentándose un sentido lógico de afección en los peces conforme la concentración del agua aumentaba, indicándose también que éstos no son provocados por la exposición a este tipo de agua, por encontrar las mismas lesiones en la pecera control.

Al procesar estadísticamente los resultados a través de la -- prueba exacta de Fisher (Siegel, 1985), se comprobó el diagnóstico -- anterior ya que los datos arrojados por esta prueba no fueron estadísticamente significativos para hígado y riñón en un nivel de significancia del 5% (Ver cuadro 9), no obstante se presentó un dato significativo en la pecera de 56%, donde se observó que cinco organismos de los diez de esta pecera presentaban necrosis tubular renal, -- sin embargo, este dato no fue considerado porque en el control se -- concentró el 66% de los organismos con una nefrosis renal generalizada y como consecuencia progresiva de afección se causa una necrosis tubular renal.

Otro de los órganos donde se encontró lesiones fue en las branquias, obteniendo en el análisis estadístico ser un daño significativo con un valor de  $x = 0.0077$  y  $x = 0.0045$  para una hiperplasia generalizada y una degeneración mucosa respectivamente, mientras que en el control prácticamente no se observaron daños de importancia, lo cual afirma que esta lesión en los organismos de prueba si fue provocado por algún ó algunos compuestos presentes en el agua de estudio como el DDT, detergentes y nitrógeno amoniacal, causantes de la misma afección (Ver apéndice D), pero principalmente este último compuesto  $N-NH_3$  ya que durante la experimentación no pudo ser controlado por estar ya presente en el agua de estudio, llegando a niveles de hasta 1.08 mg/l en la pecera del 100% y de 0.217 mg/l en el control rebasando la concentración permisible de 0.02 mg/l que se establece para el buen desarrollo de la trucha arcoiris (Secretaría de Pesca, 1981).

En cuanto a la concentración del DDT este se encuentra por arriba del criterio de acuicultura y pesca determinado por la E.P.A., como se puede observar en el cuadro 5; indicando Spieser, 1970 que el DDT influye en el deterioro del tejido epitelial.

Los detergentes al igual que estos compuestos también destruyen la capa protectora de mucus, anulando la función de los epitelios -- branquiales (Apéndice D), considerando que durante la experimentación el agua en estudio siempre se encontraron concentraciones por arriba--

del criterio de acuicultura 0.5 mg/l. Autores como Díaz, 1980 describen efectos letales y subletales a diferentes concentraciones de detergentes como lo son el ABS y LAS, usados comercialmente por la población, pero el hecho de que los organismos no hayan muerto durante la experimentación, indica que las concentraciones de los detergentes estuvieron por abajo de los límites de toxicidad, lo cual es razonable por que la cuantificación para determinar la concentración de detergentes se hace por todas aquellas sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y esto engloba a una gran cantidad de detergentes de todos tipos y no únicamente a los más tóxicos.

Al comprobar que estas lesiones no dependían del agua en estudio fue necesario analizar e investigar peces del Centro Trutícola para conocer las posibles causas que originaron estas lesiones; conociendo por referencia del personal operativo así como por un análisis histológico a truchas y el análisis bromatológico al alimento proporcionado a las truchas (Secretaría de Pesca, 1986), se determinó no era el apropiado por estar almacenado desde hace mucho tiempo y por contener más grasa de la requerida, lo que provocó el enranciamiento — indicado en el análisis bromatológico, en el cual se encontraron — aflatoxinas producto metabólico del hongo Aspergillus flavus, esto reafirma los resultados del diagnóstico de la no influencia del agua prueba sobre las lesiones encontradas en los órganos de los peces.

Las aflatoxinas afectan principalmente al hígado, manifestándose a nivel histopatológico por una infiltración grasa de los hepatocitos (degeneración grasa) y en el bazo y riñón en especial el tejido hematopoyético degenera y sus centros melanomacrófagos se acumulan - pigmentos decolorados (Ronald, 1981).

En cuanto a los resultados histopatológicos de los restantes -- órganos (Ver cuadro 8), las observaciones microscópicas no fueron -- muy notables, ya que el grado de afección no era muy avanzado y solo en algunos organismos de ensayo fue de importancia, tal fue el caso de los ciegos pilóricos al presentar una degeneración mucosa, obteniendo por el análisis estadístico niveles de significancia en la dilución del 32% con un valor de 0.0294, en la concentración del 56% - de 0.0216 y en la del 100% un valor de 0.0216, observando que estos datos son menores al nivel de significancia de 0.05 establecido en la prueba de Fisher y lo cual indicaría que esta lesión fue provocada por la exposición de los peces a las aguas del tratamiento secundario; sin embargo, conociendo la presencia de aflatoxinas en el alimento es de esperar una afección de este tipo en los ciegos pilóricos por ser el centro primario de recepción del alimento durante la digestión (Memorias del primer curso de toxicología, 1981), y en el cual se genera una gran cantidad de moco como protección para evitar la irritación por esta toxina.

Los daños patológicos encontrados en páncreas no se consideran para el diagnóstico de los resultados del proyecto, por ser daños -- ocasionados al realizar una mala fijación del tejido después de la muerte de los organismos.

En el corazón y músculo se observa una infiltración grasa no muy severa, presentándose solamente en la mitad de los peces de la dilución 100% calculando un nivel de significancia de 0.0216, sin embargo no se considera como un daño ocasionado por la exposición al agua de ensayo si no al alimento que estaba mal balanceado, por contener más grasa de la requerida para esta especie. Es de gran importancia con siderar este tipo de factores para cualquier cultivo de peces, ya que el músculo es la parte consumida por el hombre así mismo por ser el centro de almacenamiento de algunos tóxicos como los metales pesados y pesticidas, todos ellos pueden causar daños a corto, mediano y lar go plazo, dando origen a alteraciones cancerígenas y mutagénicas en la población consumidora, no obstante la lesión dependerá de los niveles de concentración de los tóxicos y el tiempo de exposición según Verma, 1982.

Una vez diagnosticadas las lesiones en los organismos de ensayo y establecidas aquellas provocadas por la exposición a estas aguas - tratadas, se realizó una correlación de los daños con la composición química del agua, investigando los compuestos que pudieran haber in-

crementando el grado de afección de las lesiones detectadas y así evaluar si la calidad del agua residual a este nivel de tratamiento es factible de utilizar en el cultivo de peces o considerar un proceso de tratamiento avanzado que elimine los compuestos tóxicos disueltos en el agua y garantizar la calidad del agua tratada para el uso de acuacultura, tomando como base los resultados obtenidos.

En el cuadro 6 se muestran las concentraciones medias de los compuestos disueltos en el agua de estudio y que se monitorearon a lo largo de los 8 meses de experimentación, en este cuadro 6 los parámetros de mayor importancia dada su toxicidad crónica son los metales pesados y los pesticidas clorados, al ser comparados con los criterios establecidos para proteger la vida acuática (E.P.A. 1976) estos sobrepasaron los rangos así mismo como el color, conductividad eléctrica, nitrógeno amoniacal, magnesio, fierro, cadmio, mercurio, SAAM y pesticidas como: aldrín, dieldrín, DDT y heptacloro. También se puede observar que el agua de dilución contiene compuestos que no cumplen con este criterio, siendo los mismos para el agua residual tratada a excepción del color, fierro y SAAM. De estos compuestos llegan a causar lesiones como las encontradas en los organismos de ensayo y ya mencionadas con anterioridad como son: el nitrógeno amoniacal, DDT, plomo y SAAM; los cuáles afectan el funcionamiento branquial de los peces, dando origen a una hiperplasia generalizada y posteriormente una degeneración mucosa en branquias. (Reichenbach, 1977), sin embargo de estos compuestos el plomo y el DDT ocasionalmen

te aparecen en el agua, así de las 21 veces que se caracterizó la composición química del agua de ensayo, solo apareció dos veces y cuatro en el agua de dilución el plomo, mientras que el DDT sólo se detectó tres veces y una vez en el agua potable: por lo cual no se puede atribuir un incremento de las lesiones por estos compuestos.

La degeneración grasa en el hígado según Verma, 1982, se atribuye al endosulfán, aldrín, dieldrín, DDT, heptacloro y toxafeno; considerando el heptacloro como el compuesto más representativo en ocasionar la lesión al hígado, esto debido a la frecuencia encontrada en los análisis del agua, mientras que los otros compuestos se presentaron ocasionalmente en los 21 muestreos del agua de ensayo, no pasando del 50% de detectados en el agua, no obstante fueron analizados por ser compuestos acumulables y eventualmente precursores de daños crónicos.

El heptacloro ocasiona en hígado una trombosis hepática en peces hecho que no se registró en ningún organismo de ensayo. (Spieser, 1980).

El riñón que fue otro de los órganos en donde se encontró una lesión de importancia (nefritis), indicando la afección provocada por las toxinas del alimento proporcionado, bibliográficamente se encontró que pueden ser atribuibles también al plomo, cadmio, mercurio, arsénico, cromo, endosulfán y toxafeno.

La concentración del plomo esta por debajo del criterio para — acuicultura (Ver cuadro 6), por lo tanto no es considerado como causante de algún daño. En cuanto al cadmio este sobrepasó el criterio, no obstante apareció ocasionalmente en el agua prueba, además de tomar en cuenta que es un compuesto antagónico, esto es en presencia de fierro y cobre su toxicidad disminuye (Sprague, 1969).

El mercurio es de gran importancia por su toxicidad (evaluación de daños a la salud, 1982), cuando se consumen alimentos contaminados con mercurio es fácil de acumularse, ya que el 90% se acumula en riñón y el 10% en los demás tejidos, se considera que el mercurio no — representa ningún problema porque de las 21 veces monitoreadas sólo cuatro veces se detectó.

El arsénico cumple con el criterio para acuicultura, mientras — que el endosulfán y toxafeno prácticamente no se pueden considerar — por no ser representativos y por no detectarse.

Tomando como base los resultados y conociendo la sobrevivencia — de los organismos de ensayo durante los ocho meses de experimentación se considera que el agua producida en la planta de tratamiento de — agua residual "Cerro de la Estrella" a nivel secundario es de buena — calidad y puede ser factible su aplicación para el cultivo de peces, no obstante, se deben realizar más pruebas como son de acumulación —

de tóxicos, determinando cuales y cuantos compuestos y en que concentración se encuentran, con el fin de asegurar que las aguas renovadas no representan un peligro para la salud humana por el consumo de estos peces expuestos a este tipo de agua.

## CONCLUSIONES

- 1.- Los daños histopatológicos encontrados en los organismos de ensayo, expuestos al agua residual tratada a nivel secundario no resultaron significativas, excepto en branquias donde se presentó una hiperplasia generalizada de las lamelas secundarias y degeneración mucosa en algunos casos, originados por altas concentraciones de nitrógeno amoniacal principalmente.
- 2.- Durante los ocho meses de experimentación, no se encontró enfermedad externa evidente en los organismos de ensayo y su comportamiento fué aparentemente normal en cada una de las diluciones de prueba, así como en el testigo.
- 3.- El grado de afección o lesión encontrados en los organismos del Bioensayo, fué considerado independiente hasta cierto grado de la dilución del agua residual tratada, ya que no existió un incremento de los daños conforme la concentración del agua renovada aumentaba.
- 4.- El alimento proporcionado (ALBAMEX), es el causante de las lesiones presentes en los peces de experimentación, ya que estas mismas lesiones también las presentaban los organismos que no fueron expuestos a este tipo de agua.

- 5.- Considerando que en las determinaciones analíticas del agua de ensayo se encontraron valores por arriba de los límites permisibles para acuicultura, así como concentraciones por arriba de las letales en algunos tóxicos y conociendo que el agua renovada es una mezcla compleja de compuestos químicos, no se presentó letalidad a este nivel de tratamiento, lo que indica la presencia de los fenómenos antagónicos en este tipo de agua.
- 6.- Con base al diagnóstico del análisis histopatológico, el agua residual tratada a nivel secundario (Planta "Cerro de la Estrella") es factible de utilizarla en el uso de acuicultura y pesca, sin embargo, es de vital importancia complementar la información en lo referente a bioacumulación de tóxicos en tejidos, esto con el fin de prevenir y evitar riesgos para la salud humana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- . AGENCIA DE PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE E.P.A. (1976) "QUALITY CRITERIA FOR WATER" WASHINGTON D.C.
- . AMLACHER, E. (1970) "TEXTBOOK OF FISH DISEASES. CONROY D.A. AND HERMAN E.L. EDITORS. T.F.H. PUBLICATIONS INC. JERSEY CITY, N.Y.
- . APHA-AWWA-WPCF (1976) "STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER". 14 TH EDITION.
- . ARTHUR A (1944). "HISTOPATHOLOGICAL CHANGES FOLLOWING ADMINISTRATION OF DDT TO SEVERAL ESPECIES ANIMALS". VOL. 59 No. 31 PUBLIC - HEALTH REPORTS.
- . CAIRNS, J. JR. AND R.L. DIKSON (1976) "BIOLOGICAL METHODS FOR THE ASSESSMENT OF WATER QUALITY" PRESENTED AT THE SEVENTY/FIFTH ANNUAL MEETING OF ASTM. THE ANGELES CALIFORNIA.
- . CONAPO (1982) "ESTADISTICA DE LA POBLACION EN MEXICO" SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.
- . CONROY A. DAVID (1976) "PRINCIPALES ENFERMEDADES INFECTOCONTAGIOSAS DE LOS SALMONIDOS: UNA GUIA A SU DIAGNOSTICO Y CONTROL PARA EL BIOLOGO". INDERENA-FAO. BOGOTA; COLOMBIA.
- . DDF/DGCOH (1981) "EVALUACION DE DAÑOS A LA SALUD POR EL USO DE AGUAS RENOVADAS" FASE II TOMO IV.
- . DDF/DGCOH (1983) "MANUAL DE OPERACION Y MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL CERRO DE LA ESTRELLA".
- . DDF/DGCOH (1985) "FASE I: BIOENSAYO ESTATICO PARA OBTENER LA CONCENTRACION LETAL ( $LC_{50}$ ) A LAS 96 HORAS DEL AGUA RESIDUAL EN CERRO DE LA ESTRELLA". ESTUDIOS BASICOS.
- . DDF/DGCOH (1986), "AUTOMATIZACION Y MEDICION" SUBDIRECCION DE AUTOMATIZACION Y MEDICION.

- . DIAZ ZAVALETA, GUILLERMO (1980) "EL IMPACTO DE LOS DETERGENTES EN EL RECURSO HIDRAULICO DE MEXICO". SUBDIRECCION DE INVESTIGACION Y ENTRENAMIENTO.
- . ESTRADA FLORES, ELVIRA (1982) "MANUAL DE TECNICAS HISTOLOGICAS" AGT EDITOR MEXICO, D.F.
- . FINNEY D. (1971), "PROBIT ANALISIS" CAMBRIDGE UNITED PRESS, LONDON
- . GONZALEZ HERNANDEZ, JAVIER ET. AL (1981) "MANUAL DEL CURSO DE BIOENSAYOS EN ORGANISMOS ACUATICOS" SARH MEXICO, D.F.
- . GRANT B. F. AND P.M. MEMRIE (1970) "CHOONIC ENDRIN POISONING IN GOLDFISH, Carassius Auratus". J. FISH RES 3d. CANADA 27:225-2232.
- . HUET, MT (1972) "TRATADO DE PISCICULTURA" EDITORIAL MUNDI-PRENSA, ESPAÑA.
- . LAZARO ELBA-CHAVEZ M. (1985) "MANUAL DE USOS: SUSTANCIAS DESINFECTANTES Y DROGAS DE UTILIDAD EN LAS PISCIFACTORIAS". AGT EDITOR. MEXICO.
- . LITCHFIELD J. AND WILCOXON F. (1949) "A SIMPLIFIED METHODS OF EVALUATING DOSE-EFFECT EXPERIMENTS" JOURNAL PHARM. EXPHER, VOL. 96:99-113.
- . LUNA, L.G. EDITOR "HISTOLOGIC STAINING METHODS OF THE ARMED FORCES. INSTITUTE OF PATHOLOGY 3rd. ED. MC. GRAM-HILL BOOK COMPANY, NEW YORK 1976.
- . MASCIOROWSKI, A (1980) "BIOSAY PROCEDURES AND RESULTS" LITERATURE REVIEW. JOURNAL WPCF. VOL. 52, No. 6 1630-1655
- . MCKEE, J.E. AND WOLF (1963). "WATER QUALITY CRITERIA". STATE WATER QUALITY CONTROL BOARD CALIFORNIA.
- . OSTLE BERNARD (1983) "ESTADISTICA APLICADA". EDITORIAL LIMUSA MEXICO.
- . REICHENBACH-KUNKE, H. (1977) "TRABAJOS SOBRE HISTOPATOLOGIA DE LOS PECES" EDITORIAL ACRIBIA. ESPAÑA.

- . RONAL J. ROBERTS (1981) "PATOLOGIA DE LOS PECES" MUNDI-PRENSA MADRID.
- . RUIZ PEREZ ALINA (1984) "TESIS NEOPLASIAS HEPATICAS EN LA TRUCHA ARCOIRIS CRIADA EN LA ESTACION PISCICOLA EL ZARCO" DISTRITO FEDERAL, UNAM.
- . SAENZ FORERO, RODOLFO (1986) "REUSO DE AGUAS RESIDUALES PRE-TRATADAS EN AGRICULTURA Y PISCICULTURA CEPIS/HFF. LIMA-PERU.
- . SECRETARIA DE PESCA (1981) "MANUAL PARA EL CULTIVO DE TRUCHA ARCOIRIS (*Salmo gairdneri*): No. 4 COMISION DE INFORMACION.
- . SECRETARIA DE PESCA (1986) "EXAMEN HISTOPATOLOGICO REALIZADO EN 10 ESPECIMENES DE TRUCHA ARCOIRIS DE LA GRANJA TRUTICOLA EL ZARCO". REPORTE INFORMATIVO REALIZADO EN F.M.V.Z. MEXICO.
- . SECRETARIA DE PESCA (1987) "ANALISIS BROMATOLOGICO DEL ALIMENTO - PARA PECES" REPORTE INFORMATIVO REALIZADO POR LA SECRETARIA DE DESARROLLO AGROPECUARIO".
- . SIEGEL, SIDNEY (1985) "ESTADISTICA NO PARAMETRICA" EDITORIAL TRILLAS, MEXICO.
- . SNIESZKO F. STANISLAS, (1976) ENVIRONMENTAL STRESS AND FISH DISEASES". TFH PUBLICATIONS. U.S.A.
- . SPEHAR, R.L. (1980) "EFFECTS OF POLLUTION ON FRESH WATER FISH. JOURNAL WPCF, VOL. 52, No. 6 1703-1768. LITERATURE REVIEW. CAROLINA.
- . SPIESSER, O.H. (1980) "TOXICOLOGIA PISCICOLA" INSTITUTO DE TOXICOLOGIA Y BIOQUIMICA, NEUHERBE, R.G. BE MUNCHEN. ALEMANIA.
- . SPAGUE, J.B. (1971) "MEASUREMENT OF POLLUTANT TOXICITY TO FISH-III", WATER RESEARCH PERGAMON PRESS 1971, VOL. 5 PP 245-266 PRINTED IN GREAT BRITAIN.

- . UNAM/FMVZ (1981) "MEMORIAS DEL PRIMER CURSO DE ACTUALIZACION EN TOXICOLOGIA VETERINARIA" MEXICO, D.F.
- . VERMA S.R. BARSAL (1982) "BIOASSAY TRIALS WITH TWENTY THREE PESTICIDES TO A FRESH WATER TELEOST". WATER RES. VOL. 16 525 TO 529 PRINTED IN GREAT BRITAIN.

## APENDICE "A"

### TECNICAS ANALITICAS DE LOS PARAMETROS DE CONTROL

<u>PARAMETRO</u>	<u>METODO DE DETERMINACION</u>
1) Oxígeno Disuelto	Método de Winkler con modificación con azida (1).
2) Alcalinidad total	Técnica titrimétrica con ácido sulfúrico. (1).
3) Dureza total	Técnica titrimétrica con E.D.T.A. (1).
4) Nitrógeno amoniacal	METODO KJENDALL*
5) Nitritos	METODO DE DIAZOTIZACION*
6) Cloro	Técnica de ortotolidina y comparación colorimétrica. (1).
7) pH	Potenciómetro
8) Temperatura	Termómetro (-20 a 110°C)

\*.- Realizadas con el Laboratorio Central de Control de la DCCOH-DDF

(1) APHA, 1983

A P E N D I C E B\*

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA DE DETERMINACION:
pH		POTENCIOMETRO
COLOR	PT/CO	COLORIMETRO
TURBIDEZ	UNT	TURBIDIMETRO
TEMPERATURA	°C	POTENCIOMETRO
ALCALINIDAD	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	POTENCIOMETRO
ALC. A LA FENOLTALEINA	CaCO <sub>3</sub> (mg/l)	POTENCIOMETRO
TURELA TOTAL	mg/l	SINA DE CATIONES
CARBONATOS	mg/l	CALCULO CON LA ALCALINIDAD
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	mg/l	CONDUCTIMETRO
CLORUROS	mg/l	ARGENTOMETRIA
BCRO	mg/l	CIRCOMINA
NITROGENO AMONICAL	mg/l	METODO DE KJEMDAL
NITROGENO TOTAL	mg/l	METODO DE KJEMDAL
NITRATOS	mg/l	BRUSINA - COLORIMETRO
FOSFORO TOTAL	mg/l	ACIDO ASCORBICO
CRICOFOSFATOS	mg/l	ACIDO ASCORBICO
CALCIO TOTAL	mg/l	ABSORCION ATOMICA
MAGNESIO TOTAL	mg/l	ABSORCION ATOMICA
SODIO TOTAL	mg/l	ABSORCION ATOMICA
POTASIO TOTAL	mg/l	ABSORCION ATOMICA
FIERRO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
MANGANESO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
PLOMO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
CAIMIO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
MERCURIO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
ARSENICO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
CRONO	mg/l	ABSORCION ATOMICA
COLIFORMES TOTALES	N.M.P/100ml	FERMENTACION EN DILUCION MULTIPLE
DOOS TOTAL	mg/l	CON DETERMINACION DE OD (1)
DOOS TOTAL	mg/l	REFLUJO ABIERTO
GRASAS Y ACEITES	mg/l	EXTRACCION SOXHLET
SAAM	mg/l	SISTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO
ENDOSULFAN	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
BHC	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
ALDRIN	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
DIELDRIN	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
4,4' DDE	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
4,4' DDD	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
4,4' DDT	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
HEPTACLORO	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
HEPTACLORO EPOXICO	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)
TAXAFENO	mg/l	CROMATOGRAFIA (CAPTURA DE ELECTRONES)

\* Realizados en el Laboratorio Central de la DGCCB  
 (1) Método Yodométrico con modificación de Azida.

## A P E N D I C E "C"

### BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO SECUNDARIO

La mayoría de las plantas de tratamiento de aguas residuales que opera el Departamento del Distrito Federal a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica utilizan el proceso biológico conocido como "Lodos Activados Convencional", el cual es un tratamiento a nivel secundario, en el que se emplean microorganismos aerobios y los sólidos orgánicos presentes en las aguas residuales, mezclándose íntimamente en un ambiente favorable para que se lleve a cabo la biodegradación de la materia orgánica por los microorganismos, por lo cual se introduce aire para que exista cierta cantidad de oxígeno disuelto durante todo el tratamiento y se obtengan altas deficiencias de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno y de sólidos suspendidos.

En este proceso la unión entre los microorganismos y la materia orgánica se le denomina "Lodos Activados" que son flóculos de color café parduzco y que se encuentran en suspensión, éstos a mezclarse con el agua residual se llama "Licor Mezclado" en el tanque de aeración.

Los microorganismos son principalmente bacterias aerobias, que consumen ó biodegradan los sólidos orgánicos teniendo como productos-finales bióxido de carbono  $CO_2$ , agua,  $H_2O$  y otros compuestos estables de esta forma el agua se depura parcialmente.

Los procesos que se usan en las plantas de tratamiento del Departamento del Distrito Federal son:

#### TRATAMIENTO PRELIMINAR

Consiste en separar ó disminuir el tamaño de los sólidos grandes suspendidos o que flotan en las aguas residuales para proteger el equipo de bombeo y evitar problemas en los procesos subsiguientes.

Los sólidos orgánicos son generalmente trozos de madera, tela, papel, etc. y los sólidos inorgánicos son las arenas, grava y objetos metálicos.

Asimismo se eliminan las grasas y aceites.

Frecuentemente se emplean:

- Rejas de barras
- Desmenuzadores
- Desarenadores
- Tanques de preaeración

### TRATAMIENTO PRIMARIO

- Su función es separar los sólidos sedimentables de las aguas mediante el proceso de sedimentación. Se emplea frecuentemente.
- Tanques de sedimentación simple con limpieza mecánica
- Tratamiento químico.- Agregar reactivos para formar flóculos que se sedimenten rápidamente.

### TRATAMIENTO SECUNDARIO

Consiste en la biodegradación de la materia orgánica mediante microorganismos contenidos en el agua, introduciendo aeración, el proceso se conoce con el nombre de "Lodos Activados Convencional" y a partir del cual se han efectuado diversas modificaciones. Se emplea generalmente:

Lodos Activados Convencional.- En este proceso se mantiene en suspensión los flóculos formados por los microorganismos y materia orgánica mediante la alimentación continua de aire con el doble propósito, el primero para proveer de oxígeno a los microorganismos y el segundo para mantener en agitación el licor mezclado en el tanque.

Además se hace recircular una cantidad apropiada de lodos activados proveniente de la sedimentación secundaria al tanque de aera-

ción para aumentar la eficiencia de remoción de material orgánico, - se requiere de 6 a 8 horas como tiempo de residencia hidráulica.

Después el agua pasa a una sedimentación secundaria, con el mismo principio de la sedimentación primaria, a diferencia que las ras- tras se encuentran sumergidas totalmente en el agua.

DDF/DGCOH 1982

"MANUAL DE OPERACION DE LA  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA RESIDUAL CERRO DE LA  
ESTRELLA".

CONCENTRACION LETAL DE ALGUNOS TOXICOS Y SU EFECTO EN ORGANISMOS VIVOS

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (LC <sub>50</sub> )	EFECTOS
<p>NITROGENO AMONIACAL</p>	<p>TRUCHA CL<sub>50</sub> - 0.2 a 2.0 mg/l NH<sub>3</sub></p> <p>Una concentración de NH<sub>3</sub> 0.2 mg/l No es letal en una proporción significativa de la población, sin embargo, puede ejercer efectos fisiológicos e histopatológicos.</p> <p>La excreción de amoniacal para trucha fue inhibida a 5 mg/l y aproximadamente con 8 mg/l de amoniacal (1 mg/l NH<sub>3</sub>)</p> <p>El 50% muere dentro de las 24 hrs.</p>	<p>Con el pH de 8 y 9, permanece gran parte del amoniacal tóxico sin disociar esto es el 5% y 20% respectivamente.</p> <p>Con temperatura alta aumenta la tasa de amoniacal. El amoniacal tóxico ataca las mucosas especialmente de las branquias e intestino, a las que destruye; actúa a través de los nervios sobre la sangre</p> <p>Los peces con trastornos por amoniacal exhiben cuando las lesiones son muy pronunciadas hemorragias externas y en los órganos internos un efecto patológico sobre hígado se da a una concentración de 0.27 mg/l de NH<sub>3</sub>.</p> <p>La exposición de carpa a una concentración subletal de NH<sub>3</sub> dió como resultado un intensivo cambio necrótico y desintegración en varios órganos.</p> <p>APHA, 1976; Spehar, 1980... 7.</p>
<p>PIERRO</p>	<p>0.9 mg de Hierro, litro se ha manifestado mortal para crías de peces</p> <p>Valores medidos en peces:</p> <p>Músculo 2.6 - 49 ppm</p> <p>Hígado 110 ppm</p>	<p>Las intoxicaciones por hierro están provocadas por lesiones de las branquias y revestimiento con bacterias férricas, el hierro solo es nocivo en forma de acre rojo sobre branquias y huevos porque impide la respiración.</p> <p>Spießner, 1980; Spragur, 1971.</p>
<p>MANGANESO</p>	<p>Truchas - CL<sub>50</sub> - 75 mg/l</p> <p>Carpas - CL<sub>50</sub> - 600 mg/l</p> <p>Tencas - CL<sub>50</sub> - 1200 mg/l</p>	<p>El manganeso se halla, así mismo, naturalmente en el hígado humano en cuantías de 0.087-0.392 mg/l. En el músculo de pescado se consideran normales concentraciones de 0.05 mg/100 g. En carpas se han medido 0.2 mg/g de cenizas. En la sangre de peces se han detectado 6-17 ppm. La tasa natural puede en ocasiones aumentar hasta 7.5 ppm.</p> <p>Spießner, 1980; UNAM/EMVZ, 1981.</p>

## (CONTINUACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (LC <sub>50</sub> )	EFECTOS
ARSENICO	<p>Trucha LC<sub>50</sub> - 13340 mg/l</p> <p>Mosquito fish 96 hrs-LC<sub>50</sub>-1300 mg/l</p> <p>Arsenito en carpa LC<sub>50</sub> -5.5 mg/l al cabo de 4 a 6 días.</p> <p>El arsénico es un veneno relativamente débil para los peces (20-30 mg de As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / litro de agua.</p> <p>La cantidad considerada como no peligrosa esta en 10 ppb (agua potable 5 ppb)</p>	<p>Se deposita en la queratina, por afinidad con los grupos sulfidrilo. La excreción es principalmente renal. El arsénico inorgánico es absorbido rápidamente por el tracto gastro intestinal, el pulmón y en una extensión pequeña por la piel y en algunas distribuciones en cuerpos celulares y fluidos, también se excreta por sudoración y epitelio de la piel.</p> <p>La forma trivalente es la responsable de la mayoría de los efectos en el hombre y animales destaca el hecho de que el arsénico ha procedido en ocasiones en uso de lociones para cabello.</p> <p>Se sabe procurar que la concentración de arsénico en el pescado no sobrepase el límite de letalidad inferior para los peces de 1 ppm.</p> <p>En USA y Canadá se determinó en los peces una tasa media de arsénico de 3 ppb que en el hígado se concentra hasta 98 ppb.</p> <p>E.P.A., 1976; Luna, 1976; S.P., 1986.</p>
CROMO	<p>Fathed minnows 96 Hrs-CL<sub>50</sub> -17.6 mg/l agua blanda.</p> <p>Bivegills 96 Hrs-LC<sub>50</sub>-118 mg/l agua blanda.</p> <p>Trucha valor crónico 265 mg/l</p> <p>El Cr<sup>+6</sup> produce cambios en células fetales de ratón.</p> <p>Valores medios en peces</p> <p>Músculo -8 ppm</p> <p>Riñones 1.5-9.5</p>	<p>Los peces son aparentemente resistentes al cromo la toxicidad varía con la especie, estado de oxidación y pH. El Cr<sup>+6</sup> se sospecha que es carcinógeno.</p> <p>Es irritante y corrosivo para las membranas mucosas este es absorbido por vía ingestión, a través de la piel y por inhalación.</p> <p>El cromo se encuentra en cantidades vestigiales en el hombre. En la sangre se consideran cuantías nocivas las superiores al 10%. La tasa natural en animales puede aumentar hasta 1 ppm. Pero la dosis letal ya está en 0,3-07 ppm.</p> <p>Los efectos subagudos y crónicos son: daño renal, cambios vicarativos de la piel, dermatitis por contacto, rinitis y faringitis, además de que el Cr<sup>+6</sup> irrita los ojos y garganta.</p> <p>E.P.A., 1976; Luna, 1976; S.P., 1986</p>

## (CONTINUACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (LC <sub>50</sub> )	E F F E C T O S
PLOMO	<p>Trucha-LC<sub>50</sub>-96 Hrs.-1 mg/l aguas blandas</p> <p>Trucha-LC<sub>50</sub>-471 mg/l aguas duras</p> <p>El crecimiento de gruppy fue afectado por 1.24mg/l de plomo.</p> <p>La concentración media alta con flujo continuo que no tiene efecto adversos en la supervivencia, crecimiento y reproducción fue de 0.12 y 0.36 mg/l.</p> <p>En general los salmonidos son más sensibles al plomo en aguas blandas.</p>	<p>El plomo es un metal tóxico que tiende a acumularse en los tejidos del hombre y otros animales. La cantidad de plomo que contamina el pescado oscila entre 0.5 y 6 mg/Kg. También en este caso son los peces de aguas contaminadas los más amenazados, y dentro de ellos los peces depredadores. Junto con el tejido óseo, resulta así mismo afectados con preferencia las branquias, piel, bazo, riñón y corazón. La tasa de plomo en el corazón es el valor más alto medido en peces. El músculo se cuenta entre los órganos menos contaminados por lo que apenas es de tener trastornos en el consumidor de peces que pudieran tener plomo.</p> <p>Los trastornos funcionales antes de presentarse la acción cáustica sobre branquias son: Anemia, calambres intestinales, parálisis de nervios, pérdida de apetito y fatiga.</p> <p>Spehar, 1980; E.P.A., 1976; UNAM/FMVZ, 1981</p>
CADMIUM	<p>Trucha LC<sub>50</sub>-1.75 mg/l en agua blanda</p> <p>Goldfish-LC<sub>50</sub>-48 Hrs.-5 a 10 mg/l</p> <p>El valor letal para peces oscila entre 0.01 a 20 ppm.</p> <p>La incubación se reduce significativamente a una concentración de 17 mg/l pero no a 12 mg/l por lo tanto este se eligió para proteger peces de agua dulce.</p>	<p>La contaminación del pescado con Cadmio puede ser elevada en ocasiones, hay registrados valores máximo de 0.1 y 5 e incluso 100 ppm. El Cadmio provoca lesiones en: riñones, atrofia testicular, aumento de la tensión sanguínea. Particularmente temible por su prolongada capacidad de almacenamiento. Sin embargo su toxicidad decrece en el Zn, Cuyfe sufriendo el fenómeno de antagonismo con estos.</p> <p>Spehar, 1980; E.P.A., 1976; UNAM/FMVZ, 1981</p>
MERCURIO	<p>Goldfish-48 Hrs. LC<sub>50</sub> 0.33-0.38 mg/l</p> <p>Trucha (Crías) LC<sub>50</sub> 2.4 mg/l</p> <p>La bioconcentración en trucha especialmente en músculo es de 17000 (0.29 mg/l) en 273 días.</p>	<p>Algunas bacterias pueden transformar compuestos orgánicos o inorgánicos de mercurio en dimetil mercurio el cual es muy tóxico, este se distribuye con facilidad a todos los tejidos mientras que Hg inorgánico es absorbido preferentemente por ciertos tejidos (riñón 90%), el metil mercurio atraviesa placenta y se secreta por la leche y se concentra en el cabello. En trucha alevinada la eliminación parcial se da a través de la moco.</p> <p>Spehar, 1980; E.P.A., 1976; UNAM/FMVZ, 1981</p>

## (CONTINUACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (LC <sub>50</sub> )	E F E C T O S
GRASAS Y ACEITES	Trucha CL <sub>50</sub> -50 -500 mg/l	Lesionan las mucosas de las branquias e intestino de los peces, así como la piel.  Spiesser, 1980; Secretaría de Pesca, 1981
DETERGENTES	Trucha TL <sub>50</sub> -96 Hrs. -5.5 mg/l Carpa TL <sub>50</sub> -96 Hrs. -18 mg/l  Con 60 días de exposición y una concentración de 1.3 mg/l se atrofia el epitelio de las branquias.  A una concentración de 5 mg/l al cabo de 35 días mueren todos los huevos por el trastorno en la membrana celular del óvulo.  Con 10 mg/l se paraliza el 16% de los espermatozoides.	Se cuenta entre los productos presente en el agua con acción más nociva para los peces, en parte por su acción tóxica y en parte por disminuir la tensión superficial. Destruye las capas protectoras de mucus, anulando la función de los epitelios de las branquias. A esto se agrega un efecto hemolítico sobre las células hemáticas, los peces afectados exhiben con frecuencia inflamaciones en las branquias, hemorragias y decoloraciones, cuando la acción es prolongada se produce acumulación en la piel. Alteran la envoltura mucosa de óvulos y espermatozoides además de que también inhiben los procesos enzimáticos. Acelera el proceso de eclosión lo que perjudica a las crías, en virtud de no encontrarse aún en estado de alevines.  Díaz, 1980; Spiesser, 1980

## (CONTINUACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION (LC <sub>50</sub> )	E F E C T O S
ENDOSULFAN	<p>Trucha 96 Hrs.-LC<sub>50</sub> 13 mg/l</p> <p>Trucha (valor crónico) 0.17 mg/l</p> <p>Pimephales promelas (Valor crónico) 0.28 mg/l.</p>	<p>Daños renales y hepáticos, disminución del peso, testicular, después de 24 horas se le encuentra en peces, grasa, vísceras, orina, hígado, riñón, cerebro. No existen datos disponibles de los niveles a los cuales el endosulfán puede acumularse en tejidos de peces. Para 24 horas solo quede un 65%.</p> <p>Con un factor de aplicación de 0.01 aplicada a la LC<sub>50</sub> de 96 Hrs. en trucha arcoiris resulta un criterio de 0.003 mg/l para la protección de la vida acuática.</p> <p>Grant, 1970; UNAM, 1981; Verma, 1982; E.P.A., 1976</p>
ALDRIN Y DIELDRIN	<p>Pathed minnov- 96 Hrs.-LC<sub>50</sub> 7.9 mg/l.</p> <p>Trucha (Valor Agudo) LC<sub>50</sub> 2.5 mg/l</p> <p>En trucha la bioconcentración es de 68286.</p>	<p>Las heces son la principal ruta de excreción, se acumula en peces sobre todo en el dieldrin en grasa, pero lo eliminan al estar en inanición en aguas limpias.</p> <p>La mayor evidencia que el aldrin/dieldrin producen peligro de cáncer en humanos fue dada por datos de laboratorio trabajando con ratones. El hígado es el principal órgano afectado. Actúa sinérgicamente aumentando el almacenaje de DDT porque reduce su tasa de excreción.</p> <p>La Moly-Las tasas de crecimiento y reproducción fueron adversamente afectadas durante unas 34 semanas de exposición a 0.75 mg/l.</p> <p>Spiesser, 1980; UNAM, 1981; Verma, 1982</p>

## (CONCENTRACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (CL <sub>50</sub> )	E F E C T O S
<p>4,4 DDT 4,4 DDE 4,4 DDD</p>	<p>PERCA LC<sub>50</sub> -96 HRS. 0.6 mg/l Pimelas promelas (Valor crónico) 0.7 mg/l Carpa DL<sub>50</sub> - 0.057 mg/l Para protección de la vida marina y dulce se da el criterio de 0.001 mg/l. Lobina 96 Hrs. -LC<sub>50</sub> -27 g/l El DDT es un químico persistentemente alto con bioacumulación en organismos acuáticos, llega a acumularse vía cadena alimenticia.</p>	<p>Una denidrocioración reductiva forma al DDT a DDE que es el producto principal almacenado en animales y humanos. Una vía de clora al DET en DDD, este a su vez se transforma en DDA dándose la reacción en todos los tejidos. El DET produce hepatomegalia, también aumenta de tamaño del bazo y riñones. Hay cambios degenerativos en el hígado, mutágeno debe ir para mamíferos, produce aumento en la incidencia de tumores, no se ha determinado para el hombre. Fuerte inductor de sistemas de oxidasas mixtas, por lo que puede ser importante su interacción con promutágenos y procarcinógenos. En aves afecta el metabolismo del calcio resultado huevos frágiles. En hígado se puede manifestar acumulación grasa en las regiones portales, agrandamientos de los hepatocitos y depresión del citocromo. Spiesser, 1980; Secretaría de Pesca, 1981; Verma, 1982</p>
<p>HEPTACLORO Y HEPTACLORO EPOXIDO</p>	<p>Trucha 96 Hrs. LC<sub>50</sub> 10 mg/l Pimephales (valor crónico) 9500 Trucha (Cría) DL<sub>50</sub> -0.2 mg/l Fotoheptacloro epóxido (valor crónico) Pimephales 14000 Se reporta en Blue Gil un factor de concentración muy alto como de 1.840 en pruebas de campo.</p>	<p>La rata y el perro lo metabolizan rápidamente a epóxido de heptacloro, este se acumula en el tejido adiposo sobre todo en las hembras. La excreción del heptacloro y sus metabolitos no almacenados se dan en los primeros 5 días, principalmente a través del tracto digestivo y, en menor grado, en la orina. También se excreta a través de la leche. Depresión mitocondrial, trombosis hepática. Mutágeno para ratas y células humanas. En ratas es carcinógeno y ocasiona cataratas en los padres y en las crías. E.P.A., 1976; Verma, 1982; Spiesser, 1980</p>

## (CONCENTRACION CUADRO "D")

PARAMETRO	CONCENTRACION LETAL (LC <sub>50</sub> )	E F E C T O S
TOXAFENO	Trucha -LC <sub>50</sub> - 0.0076 mg/l Bagre 96 Hrs-LC <sub>50</sub> 0.8 mg/l Trucha (cría) DL <sub>50</sub> -0.005 mg/l Lobina 96 Hrs. LC <sub>50</sub> - mg/l Bioconcentración en trucha de arroyo 3400. Para protección de la vida marina y dulce se da un criterio de 0.005 mg/l	Produce cambios en los riñones, hígado y química sanguínea. Anemia aplásica en el hombre. Aumenta los carcinomas de células foliculares del tiroides en ratas macho. Sinergismo con lèndanoy antagonismo con paration, diazinon o trithion.  Niveles de 0.039 mg/l causa efectos adversos en el crecimiento y desarrollo de trucha café cría.  E.P.A., 1976; Verma, 1982; Spiess, 1980

- \* LC<sub>50</sub> = CONCENTRACION LETAL AL 50% DE ORGANISMOS DE ENSAYO
- \* \* DL<sub>50</sub> = DOSIS LETAL AL 50% DE ORGANISMOS DE ENSAYO
- \* \* \* TL<sub>50</sub> = TOXICIDAD LETAL AL 50% DE ORGANISMOS DE ENSAYO

## A P E N D I C E "E"

### TECNICA UTILIZADA PARA EL DIAGNOSTICO HISTOPATOLOGICO

#### METODO DE HEMATOXILINA-EOSINA

- 1.- Fijar en formol al 10% al organismo de ensayo
- 2.- Hacer cortes por congelación o por parafina
- 3.- Lavar los cortes en agua destilada
- 4.- Teñir con hematoxilina de Harris de 1 a 3 min.
- 5.- Virar con agua de la llave
- 6.- Lavar con agua destilada para detener el viraje
- 7.- Deshidratar con alcoholes de 50° y 70° por 3 min. con cada uno
- 8.- Teñir con eosina alcoholica, de 1 a 3 min.
- 9.- Deshidratar con alcoholes de 96° (dos cambios) y absoluto, durante 5 min. en cada alcohol (solo si los cortes son por parafina pasar al absoluto).
- 10.- Aclarar con creosota, si los cortes fueron por congelación o en xilol si fueron por parafina, durante 5 min.
- 11.- Cubrir con bálsamo de Canadá o resina.

#### RESULTADOS

Núcleos y cartilago - azul morado

Protoplasma y sustancias intercelulares - de naranja a rojo

PREPARACION DE COLORANTES

a) Hematoxilina de Harris

Hematoxilina	1.0 g
Oxido rojo de mercurio	0.5 g
Sulfato de aluminio y amonio o potasio (alumbre)	20 g
Alcohol etílico	10 cc
Agua destilada	200 cc

Disolver la hematoxilina en el alcohol absoluto, calentando a baño maría y tapando, en otro recipiente disolver el alumbre en 100cc de agua destilada; se mezclan las dos soluciones y se añaden los - - 100 cc del agua restante. Se hierve la mezcla lo más rápido posible y se agrega cuidadosamente el óxido rojo de mercurio (puede explotar) hasta que tome un color rojo púrpura, en seguida se enfria con hielo a baño maría y se filtra 10 veces, se le agregan de 3 a 5 gotas de - ácido acético por cada 10 cc de solución.

b) Eosina alcoholica

Eosina azulosa	1.0 g
Orange g	1.0 g
Alcohol de 70°	100 cc

Se mezcla en frío y se filtra, no debe prepararse demasiado porque las soluciones de mucho tiempo se alteran.

C) SOLUCION BUFFER PARA PRESERVAR TEJIDOS

FORMOL - 100 cc

AGUA DESTILADA - 900 cc

FOSFATO DE SODIO MONOBASICO - 4g

FOSFATO DE SODIO DIBASICO - 6.5 g

(ESTRADA FLORES ELVIRA, 1982)