

24
2 eje.

2011
2011/10/09



EVALUACION DE LOS EFECTOS COLATERALES DEL
AZUL DE METILENO EN DOSIS TERAPÉUTICAS
EN TILAPIA HIBRIDA (Oreochromis spp.)

TESIS PRESENTADA ANTE LA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
POR
LILIA CADENA ANGUIANO

ASESORES: M.V.Z. ANA AURO ÁNGULO
M.V.Z. GRACIELA G. TAPIA P.



MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

DEDICATORIA

A DIOS:

POR DARMER LA CONCIENCIA DE CREER EN TI. POR LA VIDA QUE ME
OBSEQUIASTE Y POR ENSEÑARME A AMAR TODAS LAS COSAS DE ESTE
MUNDO TAN BELLO QUE HAS CREADO.

A MI MADRE: MACARIA ANGUIANO P. DE C.

PORQUE GRACIAS A ELLA ESTOY AQUI, Y SOY LO QUE SOY, POR QUE
LUCHO POR MI Y ME DIO SU AMOR DESDE QUE ESTABA EN SU VIENTRE,
POR SU AMISTAD DESINTERESADA, POR SUS CONSEJOS, QUE SIEMPRE
HAN SIDO ACERTADOS, POR SU PACIENCIA Y POR SER ELLA.

GRACIAS MAMA.

A MI PADRE: ANATOLIO CADENA R.

PORQUE GRACIAS A EL ESTOY AQUI, Y SOY LO QUE SOY, POR SUS
CONSEJOS, POR SU APOYO, POR SU AMOR.

GRACIAS PAPA.

A MI HERMANO: JOSE LUIS CADENA A.
POR SER EL HERMANO MAS LINDO Y MAS COMPARTIDO DEL MUNDO, POR
SUS CONSEJOS QUE SIEMPRE ME HAN HECHO PENSAR COMO SER UN
MEJOR SER HUMANO, POR SU COMPAÑIA, Y POR SU AMOR.
GRACIAS HERMANO.

A MI AMOR: LAURENT J.M.M. BILLOIS P.
POR VIVIR EN ESTE SIGLO, COMPARTIR TU AMOR Y TU VIDA CONMIGO,
POR SER COMO ERES, POR TU APOYO, POR TUS CONSEJOS, POR QUE
ERES LA PERSONA QUE FALTABA PARA LLENAR MI VIDA, Y POR
ENSEÑARME QUE SI EXISTE EL VERDADERO AMOR.
GRACIAS AMOR.

AGRADECIMIENTOS

CON TODO CARIÑO Y REPETO A TODAS LAS PERSONAS QUE HAN COLABORADO Y APOYADO PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO:

AL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ACUICOLA POR TODAS LAS FACILIDADES PRESTADAS PARA LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO, EN ESPECIAL A LA MVZ. ANA AURO DE OCAMPO, Y A LA MVZ. MARCELA FRAGOSO, POR SU AMISTAD, POR SUS CONSEJOS, Y POR SU PACIENCIA.

AL CENTRO DE COMPUTO DE LA FMVZ, EN ESPECIALAL MVZ. GERARDO LOPEZ B., Y A LA MVZ. NORA GALVAN O. POR SU AMISTAD Y POR SU APOYO EN TODAS LAS ACTIVIDADES QUE EMPRENDO INCLUYENDO LAS PERSONALES.

A MIS AMIGOS:

LILIA AGUILAR V., MA. TERESA AMBRIZ B., DARIO ASCUNCION R., IVONNE AUBERT DE LA P., JUANA DE D. BECERRIL DE LA C., DAVID FLORES V., MARTIN FUENTES C., JOSEFIN AGUTIERREZ, MA. TERESA JUAREZ R., FELIPE LOPEZ S., VICTOR MENDEZ T., ISABEL OROPEZA A., SILVIA SANCHEZ N., GERARDO VALDIVIESO, RODOLFO VERGARA T., POR SU AMISTAD, SU APOYO Y CONSEJOS.

**AL TECNICO FRANCISCO LOPEZ L. POR SU COLABORACION EN EL
PROCESAMIENTO HISTOLOGICO DE LAS MUESTRAS.**

A MIS MAESTROS.

A MI H. JURADO

A MI QUERIDA FACULTAD

**A TODOS LOS ANIMALES CON LOS QUE COMPARTIMOS ESTE PLANETA EN
FORMA TAN DESIGUAL.**

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
HIPOTESIS.....	21
OBJETIVOS.....	22
MATERIAL Y METODOS.....	23
RESULTADOS.....	26
DISCUSION.....	27
CUADROS.....	30
FIGURAS.....	35
LITERATURA CITADA.....	42

RESUMEN

Cadena Anguiano, Lilia. Evaluación de los efectos colaterales del azul de metileno en dosis terapéuticas en tilapia híbrida (Oreochromis sp.) (Bajo la supervisión de: Ana Auró Angulo y Graciela G. Tapia P.).

Con el propósito de conocer las posibles lesiones producidas por azul de metileno en distintos órganos de Tilapias tratadas, se utilizaron 32 Tilapias (Oreochromis sp.) con un peso promedio de 5.5 g, distribuidas en 4 lotes de 8 peces cada uno: 3 experimentales y un testigo. El bioensayo duró 8 semanas, durante las cuales los peces fueron ubicados en 4 peceras con capacidad de 40 l cada una, provistas de agua de cloro por el método químico de adición de tiosulfato de sodio y oxigenada mediante 2 bombas de aire de 115 voltios cada una. Los peces de los lotes experimentales fueron tratados una vez al día, con 3 ml de una solución al 1% de azul de metileno por cada 10 l de agua, haciendo un total de 12 ml, los 3 primeros días de cada semana, al día siguiente de la última aplicación se sacrificó por desmedulación un pez de todos los lotes incluyendo el lote control, se realizó la necropsia y se fijaron los órganos en formol buferado al 10% para su procesamiento por inclusión en parafina y tinción de hematoxilina y eosina. Los resultados histopatológicos fueron: edema intestinal en el lote 1; endosomas en hígado en el lote 4; degeneración hialina y necrosis renal en los lotes 1 y 3, que presentaron diferencias estadísticamente significativas cuando se analizó por la Prueba exacta de Fisher; además de otras lesiones no atribuidas al tratamiento como respuesta inflamatoria a parásitos en encéfalo e intestino, hubo una elevada mortalidad en la segunda semana del tratamiento en los lotes 1 y 3 ocasionada por el tratamiento.

INTRODUCCION

Antecedentes

Acuicultura es el término usado para definir todas las actividades cuyo objetivo son la producción, crecimiento y comercialización de organismos acuáticos, animales o vegetales, de aguas dulces, salobres o saladas. 7,21

La acuicultura representa la contraparte acuática de la agricultura, y aunque es una novedad para la mayoría de las naciones ha asumido gran importancia, tiene raíces muy remotas, ha existido aproximadamente desde el año 500 A.C., posiblemente surgió en forma casual, cuando el hombre se dio cuenta de que podía conservar excedentes de la pesca y además, engordar los peces que había capturado vivos, para reservarlos en épocas de escasez. 8, 11, 15, 21, 26, 38, 39 Su importancia radica en que es una actividad que puede contribuir a eliminar el espectro del hambre, pues tiene el potencial de producir grandes cantidades de alimento rico en proteínas y de bajo costo. 6, 7, 8

Este potencial es de gran importancia para países subdesarrollados o en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población aumenta vertiginosamente y conjuntamente sus necesidades alimentarias presentes y futuras, aunado a la dificultad por ampliar los recursos agrícolas y ganaderos, razones por las cuales se debiera de explotar al máximo los recursos acuícolas como una alternativa para conseguir abastecer estas necesidades. 11, 19, 21, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 38

El propósito central de la acuicultura es el producir organismos acuáticos para alimento, también participa en la creación de fuentes de empleo, diversificando y promoviendo el desarrollo de la economía regional con un impacto económico en la economía nacional, contribuyendo al producto interno bruto (PIB) y en el equilibrio del comercio exterior, reduciendo el déficit nacional, cumpliendo la

finalidad de carácter social, al producir utilidades y no solo medios de subsistencia, para tratar de aumentar el nivel de vida de la población. Desde el punto de vista ecológico participa en la protección del entorno, conservando los espacios naturales, previniendo la erosión de los suelos, y manteniendo la diversificación de las especies, rehabilitando zonas abandonadas y condenadas a cierta degradación ambiental, pues permite el aprovechamiento de zonas que por alguna razón no son aptas para la ganadería o agricultura, así se producen organismos acuáticos como peces necesarios para la repoblación artificial por pesca abusiva, contaminación de las aguas, migraciones, etc., incrementando así el atractivo natural de las zonas y se cultivan además especies comerciales para usarse como animales de laboratorios, pesca deportiva, peces de ornato, etc. 21, 26, 27, 32, 33

México posee una ubicación geográfica privilegiada, cuenta con una gran diversidad de climas que lo favorecen para el cultivo de diferentes especies de organismos acuáticos, como potencial acuícola, cuenta con 1.3 millones de hectáreas de aguas de embalses continentales, 1.6 millones de hectáreas de aguas costeras protegidas y 745 mil hectáreas de tierras aptas para la explotación acuícola. 9, 16

Los sistemas de producción acuícola se clasifican en extensivos, semiintensivos e intensivos, según el tipo de instalaciones, de la alimentación que se proporcione ya sea en forma artificial o aprovechando los recursos naturales del espejo de agua, y dependiendo del volumen de producción, por ejemplo: una explotación extensiva tiende a retirar de las aguas una cantidad de peces correspondiente a la producción natural y una explotación intensiva busca producir la cantidad máxima de peces en el mínimo de agua. 6, 15, 20, 21, 27, 34

En sistemas de cultivo extensivos por lo regular pasan desapercibidas las infecciones patógenas debido a que prácticamente los peces se encuentran en un ecosistema donde se mantiene un equilibrio más o menos natural, claro que si aumenta la densidad de población, las enfermedades pueden observarse, aunque hay que reconocer que las enfermedades también pueden transmitirse por otros peces, aves o invertebrados silvestres. 2, 6, 16, 21, 27, 28

En sistemas de cultivo intensivos se práctica una numerosa siembra piscícola en los estanques, propiciando un estrecho contacto entre individuos y generando condiciones favorables para la propagación de enfermedades. 2, 15, 27

Los problemas sanitarios dependeran de la complejidad de 3 tipos de factores: Los relativos al medio, al agente patógeno y al huésped, cuando el balance entre uno o varios de estos factores se altera por alguna razón, puede aparecer la enfermedad. Los factores del medio ambiente podemos también llamarlos estresantes y clasificarlos en 2 grupos según su naturaleza: los estresantes físicos (transporte, manejo, mantenimiento de peces en jaulas, etc.) y los estresantes químicos (abatimiento de oxígeno, cambios de pH, aumento en la cantidad de materia orgánica, etc.) los cuales pueden alterar la resistencia a enfermedades de los peces. Los factores principales correspondientes al agente patógeno son virulencia y dosis efectiva. 1, 4, 16, 21, 22, 28

Las enfermedades pueden ser de origen infeccioso, como son las ocasionadas por virus, bacterias, hongos, protozoarios, helmintos, artrópodos, etc. y de origen no infeccioso como son las del tipo genético, nutricional o funcional. 2, 3, 6, 22, 27

Las enfermedades de los peces pueden ocasionar serios daños económicos por la muerte, adelgazamiento, disminución del peso, y deterioro de la calidad de la carne, en lo que respecta a salud pública pueden ser transmisores de

enfermedades si actúan como portadores o albergando fases infectivas. 15, 22.
27

El conocer las causas que producen las enfermedades permite tomar las medidas de prevención, diagnóstico y control de las mismas, para disminuir las pérdidas por mortalidad, así como evitar la introducción de nuevas enfermedades y evitar la dispersión de enfermedades ya diagnosticadas. 2, 3, 27

Una vez establecida una enfermedad es necesario aplicar medidas terapéuticas a pesar de las numerosas dificultades que esto representa. Las medidas terapéuticas incluyen aplicación de sustancias químicas, antibióticos y manipulación del medio ambiente acuático utilizando métodos físicos, químicos o biológicos y su objetivo principal es la erradicación o control de los agentes patógenos. La quimioterapia es aplicable debido a que en ocasiones es la única alternativa para controlar una enfermedad dada la sobrepoblación, las condiciones desfavorables del agua, la mala calidad del alimento administrado, etc., esta medida presenta variaciones considerables dependiendo de la calidad del agua (temperatura, oxígeno, pH,), la edad, especie del pez, la vegetación, el tipo de estanque o reservorio, etc., y si no se tiene un amplio conocimiento del método a utilizar como terapia, esta puede ser más letal que la misma enfermedad, por lo que es importante conocer la causa de la enfermedad y tratar de corregirla, pues en ocasiones se puede agravar la situación al tratar de eliminar al agente patógeno, puede deteriorar la calidad del agua pues el tratamiento puede ocasionar cambios en la temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad, etc. afectando indirectamente la salud del pez. 2, 3, 27

En la quimioterapia es importante: elegir un tratamiento específico para el agente infeccioso, evitar compuestos que inhiban la producción de moco, si el moco es

destruido queda desprotegido contra invasiones secundarias de oportunistas o hasta contra reinfecciones, los animales enfermos nunca deben tratarse directamente en el acuario, o estanque pues algunos compuestos quimioterapeúticos inhiben la nitrificación, por eso se deben tener tanques de tratamiento, en el caso de tratar alguna enfermedad bacteriana con antibióticos, se debe tener en cuenta que las bacterias tienen una gran capacidad para desarrollar resistencia contra éstos, de esta forma, la primera vez que se aplica el antibiótico puede obtenerse un resultado excelente, pero la siguiente vez que se desea aplicar es muy probable que ya no tenga el mismo efecto. 2, 3, 27

La tolerancia de los compuestos químicos varía de acuerdo con la especie, y debe ser determinado previamente antes de aplicar las sustancias químicas. 2, 3, 27

En el presente trabajo se utilizó a la Tilapia (Oreochromis sp.), como modelo animal, por ser una especie de consumo humano, con gran importancia desde el punto de vista zootécnico para tomarse en consideración, se mencionan todas sus características y ventajas a continuación:

Clasificación taxonómica de la Tilapia

Subreino:	Vertebrata	
Phylum:	Chordata	(Poseen médula espinal)
Subphylum:	Craniata	(Poseen cráneo)
Superclase:	Gnathostomata	(Presentan mandíbula)
Serie:	Pisces	
Clase:	Osteichthyes	(Presentan huesos)
Subclase:	Actinopterygii	(Poseen rayos en las aletas)
Suborden:	Teleostei	(Poseen esqueleto perfecto)
Orden:	Perciformes	
Suborden:	Percoidei	
Familia:	Cichlidae	
Géneros:	<u>Tilapia</u>	
	<u>Sarotherodon</u>	
	<u>Oreochromis</u>	
Especies:	<u>Tilapia zillii</u>	
	<u>Tilapia rendali</u>	
	<u>Oreochromis hornorum</u>	
	<u>Oreochromis mossambicus</u>	
	<u>Oreochromis niloticus</u>	
	<u>Sarotherodon aureus</u>	

Actualmente se ha aceptado dividir al grupo conocido como Tilapia en 3 géneros atendiendo a su origen, morfología, hábitos alimenticios y reproductivos: Tilapia sp., Sarotherodon sp., Oreochromis sp. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Tilapia sp.: Sus hábitos alimenticios son generalmente herbívoros, la incubación de los huevos y la protección de los alevines se realiza sobre el sustrato del fondo. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Sarotherodon sp.: Sus hábitos alimenticios tienden a ser planctófagos, la incubación de los huevos y la protección de los alevines la efectúa el macho en su cavidad bucal, en algunas especies la efectúan ambos sexos. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Oreochromis sp.: Sus hábitos alimenticios tienden a ser omnívoros, la incubación de los huevos y la protección de los alevines la efectúa la hembra en su cavidad bucal, migrando hacia un área más protegida. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Nombre común. Tilapia, Mojarra, Mojarra Africana. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Los restos fósiles más antiguos de la Tilapia (Oreochromis sp.) se encontraron en África oriental de donde es originaria y datan de hace unos 18 millones de años. La Tilapia fue introducida a nuestro país en 1964 por la Dirección General de Pesca por conducto del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras (hoy Instituto Nacional de la Pesca) en el Proyecto de instalación de la primera estación piscícola de especies tropicales en México, en la presa Miguel Alemán de Temascal, Oax., para desarrollar la adaptación, cultivo y propagación

de cíclidos que incluyeron tres especies de Tilapias africanas importadas procedentes de Auburn, Alabama, E.U.A.,: Oreochromis nilotica, Oreochromis mossambica, Tilapia melanopleura y posteriormente tres especies de mojarraas nativas del sureste del país. Una vez adaptadas y habiéndose logrado cultivarlas se introdujeron en forma intensiva en otros embalses del trópico mexicano, es así como en la actualidad se distribuyen casi en la totalidad del territorio nacional. ¹.

2. 3. 6. 16, 21, 22. 28

Características Físicas

La Tilapia tiene aletas dorsales que tienen de 23 a 31 espinas y rayos. La nariz esta formada por un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal, tiene un nostrilio en cada lado. El cuerpo es corpulento, comprimido de cola corta y gruesa: en muchas especies, la cabeza del macho es invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual).

La boca es procrátril, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios hinchados; Presentan dientes cónicos bicúspides o tricúspides en las mandíbulas superior e inferior, también se presentan dientes faríngeos en la garganta que forman parte del mecanismo de alimentación y por medio del cual tragan su alimento; los dientes faríngeos varían en número de especie a especie y proveen, en algunos casos, un carácter útil para la identificación de las mismas. Pueden o no presentar un puente carnoso que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media, debajo del labio.

Presentan membranas unidas por 5 o 6 branquióstegos y un número variable de branquiespinas, según las diferentes especies. La parte anterior de las aletas dorsal y anal es corta siempre y consta de una espina y de radios suaves en su parte terminal, que en los machos suelen estar fuertemente pigmentados. La aleta caudal está redondeada, truncada, o más raramente escotada, según la especie.

Tiene una línea lateral interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes: la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que la porción inferior aparece por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal. Presentan

escamas de tipo cicloide cuya parte expuesta es suave al tacto. El número de vértebras aumenta con la edad y pueden ser de 8 a 40.

Sus coloraciones son parduscas, verdes oliváceas y también hay rojas, con manchas en el cuerpo, incluyendo las aletas con manchitas azules. Puede tener manchas negras en la aleta dorsal, atrás y en la base de la aleta caudal. La talla de las Tilapias alcanza hasta 24 cm. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Requerimientos Ecológicos

La Tilapia ha colonizado hábitats diversos como: arroyos, ríos anchos, y profundos o con rápidos, lagos profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos, todos estos hábitats representan un gran rango de variaciones de distintos parámetros físicos, químicos y biológicos (profundidad, corrientes de agua, turbidez, temperatura, pH, salinidad, oxígeno, gases disueltos, flora y fauna, etc.). 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Temperatura. La Tilapia es un pez de aguas calientes tropicales, el rango óptimo de temperatura para su desarrollo es de 25 a 30 C., con un límite de 9 a 13 C, si la temperatura disminuye a menos de los 15 C. dejan de alimentarse y de reproducirse ya que esta se lleva a cabo a los 20 C, con un rango óptimo de 26 a 29 C, sus límites superiores oscilan entre los 37 y los 42 C. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Salinidad. Es una especie de agua dulce, pero tienen la capacidad de adaptarse a vivir en aguas salobres y algunas incluso en agua de mar. a las especies con esta capacidad se les llama eurihalinas, pero también varían sus actividades fisiológicas y reproductivas dependiendo de la salinidad. aunque hay especies de Tilapia que son más resistentes a la salinidad que otras, es importante reconocer que a concentraciones muy altas (30 a 40 ppm) si crecen pero no se reproducen por el hecho de que los huevos no resisten la presión osmótica que genera la alta salinidad. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Oxígeno Disuelto. Soportan bajas concentraciones de oxígeno disuelto por la capacidad de su sangre de saturarse de oxígeno, y por reducir su consumo de oxígeno, pero si disminuye la concentración de oxígeno de 3 mg/l, su metabolismo se vuelve anaeróbico, aunque puede soportar bajas concentraciones de oxígeno reduce el consumo de alimentos y a su vez disminuye su tasa de crecimiento y de reproducción, por eso es importante mantener una concentración óptima de oxígeno disuelto de 5 mg/l y evitar la sobre fertilización de los estanques, para no causar una descomposición orgánica excesiva, conservando una buena calidad del agua, o bien agregar sistemas de aireación. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Bióxido de Carbono. Es necesario que los niveles de Bióxido de carbono no rebasen las 30 ppm., ya que a niveles de 50 a 100 ppm provocan estrés, y si se prolonga puede provocar la muerte, ya que actúa como depresivo respiratorio. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

pH o potencial de hidrógeno. El rango óptimo del pH oscila entre 6.5 y 8.5 siendo el ideal de 7.5, si hay variaciones por abajo o por arriba de lo normal pueden afectar el metabolismo del pez, y también la productividad del estanque. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Alcalinidad y Dureza. La alcalinidad y la dureza del agua afectan directamente el metabolismo del pez, reduciendo su crecimiento y reproducción. Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO_3/l afecta las branquias de los peces, la alcalinidad de 75 mg CaCO_3/l es considerada como la adecuada, una alcalinidad inferior a 5 mg CaCO_3/l genera un ambiente pobre para la productividad del estanque, una alcalinidad elevada ocasiona una tensión osmótica elevada, produciendo anoxia y tensión térmica en los peces. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Turbidez. Las intensas lluvias ocasionan escurrimientos y arrastre de materiales terrígenos, los que aumentan considerablemente la turbidez de ríos, arroyos, lagunas y otros embalses. La turbidez se debe a que los materiales, terrígenos forman suspensiones coloidales, pero también puede ser provocada por una excesiva densidad de fitoplancton (algas microscópicas flotantes). La importancia de este parámetro está muy relacionada con la temperatura, ya que habiendo una buena penetración de los rayos Solares, el agua tendrá un calentamiento uniforme en el estanque, lo que traerá consigo, una óptima productividad natural del estanque y una buena actividad reproductiva, además de evitar que se dañen las branquias de los peces provocándose lesiones e infecciones, por exceso de partículas suspendidas en el agua. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Substancias Tóxicas. La tilapia en comparación con otros peces es relativamente tolerante a diversas sustancias tóxicas, bien sean orgánicas o inorgánicas, naturales o artificiales que afectan a los peces ya sea a través del medio acuático o del alimento. Las sustancias tóxicas pueden ser excretadas incluso por los mismos peces (amoníaco), hasta la sobresaturación de gases (O_2 , CO_2 , H_2S . etc.; toxinas producidas por el fitoplancton, (Prymnesium) o por otras plantas (Acacias), anoxia por exceso de fitoplancton (algas azul-verdes), aflatoxinas producidas por hongos, metales pesados, insecticidas y otros pesticidas organoclorados (DDT, Endrin, Aldrin), fertilizantes detergentes, tinturas, etc. realmente no se ha determinado la tolerancia de la tilapia a las distintas sustancias tóxicas, por lo que es importante mantener las aguas libres de contaminantes. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

Parámetros Físicoquímicos para la óptima reproducción de la Tilapia:

Parámetros	Rango óptimo	Rango no aceptable
Temperatura C	24 a 29	<22 y > 32
Oxígeno disuelto mg/l	>5	<3
CO_2 ppm/l	<30	>50
Salinidad ppm	<20	>de 20
pH	6.5-7-8.5	<de 6.5 y > de 8.5
Amonio ppm/l	<0.1	>0.1
Nitritos mg/l	<4.6	5

Clave: > = mayor

< = menor

Ventajas de su cultivo

- 1.- Se adaptan fácilmente a las condiciones de cultivo tanto extensivo como intensivo, resisten al manejo y al confinamiento.
- 2.- Tienen gran resistencia física. son tolerantes a diversas infecciones y enfermedades así como a sustancias tóxicas, son resistentes a cambios ambientales pero sin olvidar los rangos óptimos para sus diferentes actividades fisiológicas, aunque no es común que se enfermen, aún cuando no se les proporcionan las condiciones óptimas para su desarrollo.
- 3.- Su crecimiento es rápido
- 4.- Sus hábitos alimenticios pueden basarse en la producción natural de los cuerpos de agua, plantas, detritus, organismos pequeños, y en alimentación artificial vegetal o animal.
- 5.- Tienen una elevada productividad por su tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad pues su conversión alimenticia de 1:1.5, es decir que por 1 kg de alimento que consume, produce 1.5 kg de carne.
- 6.- Tienen un alto índice de fecundidad, las hembras producen una gran cantidad de huevos, sin embargo su precocidad y prolificidad representan un problema pues en el caso de no controlarse adecuadamente su actividad reproductiva, puede conducir al llamado "enanismo" de la población.
- 7.- No requiere de instalaciones costosas.
- 8.- La calidad de su carne es excelente pues es de textura firme, color blanco y no posee huesos intermusculares, por lo que es un pescado altamente apetecible. 1, 2, 3, 6, 16, 21, 22, 28

El medicamento que se probó fue azul de Metileno, la inquietud de probarlo, es por que se utiliza abundantemente en acuarios y granjas piscícolas, para tratar enfermedades principalmente de tipo micótico, además se encontro información de que podía ocasionar lesiones por lo que aumento la inquietud por probarlo, a continuación se mencionan sus características farmacológicas, aplicaciones y su toxicidad:

Azul de Metileno

Cloruro de Fenazetonium 3,7 bis Dimetilamino Amonio

C₁₆ H₁₈ Cl N₃ S (3 H₂O) Peso molecular: 320 Peso catiónico: 285

En la Figura 1 se muestra la estructura química del azul de metileno. 23, 37

Caracteres. Cristales verde oscuro o polvo cristalino con brillo parecido al del bronce, soluble en agua y alcohol, algunos autores también mencionan que en forma sólida presenta un color rojo castaño pero en solución el color es azul. 23, 37

Sinonimia. Azul-B Metileno, Metiltionina, Cloruro de Metiltionina y Urolene Azul. 10, 22

Origen y Química

Para que una sustancia sea colorante es necesario que en su estructura química existan dos grupos a) cromóforo, que imparte al compuesto la propiedad de ser coloreado -cromógeno-, pero no basta para ser colorante pues no posee afinidad para fibras y tejidos, y el color puede eliminarse por medios mecánicos -lavado-; b) el grupo auxocromo, que imparte a la sustancia la propiedad de teñir, fijándose

en las fibras y tejidos.

El azul de metileno o cloruro de metiltionina -cloruro de tetrametiltionina- es un colorante básico o catiónico de origen sintético del grupo de la tiónina, su grupo cromóforo es la indamina y se usa como cloruro.

Esta sustancia se reduce fácilmente dando la forma incolora denominada leucoderivado o leucoazul de metileno, que puede ser reoxidado -pérdida de hidrógeno- con facilidad por lo tanto el azul de metileno y su leucoderivado constituyen un sistema de oxidorreducción. 5, 10, 13, 17, 18, 20, 23, 35, 36, 37, 40, 41

Farmacodinamia

1.- Acción antiséptica: Es un antiséptico débil no es bactericida sino en raras circunstancias, siendo más bien bacteriostático, en una época se usó como antiséptico urinario, en medicina humana, pero su acción es demasiado débil para ser de utilidad, usado como colorante y como indicador; se emplea también en hombre y animales como antídoto en intoxicación por cianuro, nitritos, sulfonamidas, óxido nítrico, imidazol, amoníaco, etc, (todos venenos metahemoglobinizantes), en el tratamiento de metahemoglobinemia. Se utiliza como desinfectante en redes o materiales para la piscicultura, y como terapéutico, puede utilizarse en baños individuales o adicionarse en el estanque aunque su efecto puede incrementarse día a día, se ha utilizado como tintura antifungal de uso externo, además en el tratamiento en enfermedades micóticas y por ectoparásitos como:

Amblyphyra sp.

Branquiomicosis por el hongo Brachyomyces sanguinis

Chilodonella sp.

Costiasis por protozoarios flagelados del genero Costia

Criptobiasis, flagelado del genero Cryptobia

Cryptocarion sp.

Dactylogyrus anchoratus

Diplozoön paradoxum

Enfermedad del terciopelo o polvo dorado por Glenodium y Oodinium

Epistylis sp.

Ich por el ciliado Ichtyophthirius multififis

Infecciones por hongos en combinaciones con otros

Infecciones por esporozoarios

Saprolegnia por hongos del genero Saprolegnia y Achlya

Trematodos como Cleidodiscus, Gyrodactylus

Como medicina paliativa en todos los casos de enfermedades de las branquias, donde los peces sufren de la dificultad por respirar, ya que el azul de metileno incrementa la capacidad respiratoria del pez, puede ser usado como un donante sustituto de oxígeno, es absorbido a través de la piel, independientemente de la condición de las branquias, puede presentarse que la inyección con azul de metileno produce un incremento significativo de la hemoglobina contenida en la sangre con la consiguiente mejoría de casos severos de anemia, aunque en 4 ppm. es tóxico para las plantas y se ha observado una prolongada permanencia del azul en el agua. 5, 10, 13, 17, 18, 20, 21, 23, 27, 35, 36, 37, 40, 41

2.- Mecanismo de acción: La acción antiséptica está en relación con las propiedades tintoriales y que dicha acción se debe a la combinación de dichas sustancias, en este caso colorantes básicos, con constituyentes ácidos de la

célula bacteriana esenciales para la vida, como los grupos ácidos de los ácidos nucleicos.

Acción local: El azul de metileno es poco irritante local.

En sangre: Debido a que el azul de metileno constituye un sistema de oxidorreducción, tiene la propiedad de transformar la metahemoglobina en hemoglobina -transformación de hierro férrico a ferroso- y esta acción se aprovecha para el tratamiento de la metahemoglobinemia.

El mecanismo de acción es el que sigue: La enzima metahemoglobinoreductasa, a través de su coenzima NADPH o nicotinamidadeninadinnucleótido reducido, reduce el azul de metileno en su leucoderivado, que rápidamente reduce la metahemoglobina -en forma no enzimática- a hemoglobina -comprobado in vitro-.
5, 10, 13, 17, 18, 20, 21, 23, 27, 35, 36, 37, 40, 41

En la Figura 2 se muestra la reacción de oxido-reducción química del azul del metileno

Farmacocinética

Se absorbe más bien en el tracto digestivo haciéndolo bien por vía parenteral. se distribuye por todos los tejidos donde rápidamente es reducido a su leucoderivado incoloro y se excreta principalmente en la orina en forma coloreada y principalmente no coloreada. 5, 10, 13, 17, 18, 20, 21, 23, 27, 35, 36, 37, 40, 41

Toxicidad

En humanos, en cierto grado es poco tóxico, pero sin embargo es capaz de producir trastornos gastrointestinales y nerviosos.

1) Las manifestaciones gastrointestinales, que se observan por ingestión

consisten en náuseas, vómitos y diarrea. (irritación gastrointestinal).

2) Los trastornos nerviosos, que se producen por la administración de azul de metileno a dosis elevadas en humanos, son inquietud, sensación de opresión, cefalea y aún disnea. De todos modos, no son trastornos graves y ceden por lo general espontáneamente.

Se han probado los efectos del uso de agentes antibacterianos y parasiticidas sobre la nitrificación a niveles terapéuticos, de algunos agentes usados comunmente como antibacterianos y parasiticidas como formalina, verde malaquita, nifurpirinol, furanace, eritromicina, clorotetraciclina, azul de metileno y sulfanilamida, y el azul de metileno pareció ser el más tóxico de las sustancias que se probaron, debido a que inhibe la nitrificación, que es una oxidación biológica del amoníaco a nitrito y nitrato, que se realiza por organismos autotróficos (bacterias), las nitrosomas oxidan el amoniaco a nitrito y nitrobacter oxida de nitrito a nitrato. 10, 20

El amoniaco es el más tóxico seguido por el nitrito, el nitrato es el menos tóxico, aunque su presencia en concentraciones altas por periodos prolongados puede tener efectos que han sido pasados por alto. El amoniaco es el más tóxico de los nitrógenos orgánicos en aguas de acuario, es originado en el estanque, por la mineralización de la materia orgánica, por bacterias y como un producto del metabolismo de nitrógeno por la mayoría de los animales acuáticos. Con base en lo antes expuesto, se pretende probar que el Azul de Metileno puede ser tóxico, dada la utilización tan profusa en especies ícticas. 10, 20

Dosis

Dosis: 3 ml. de una solución al 1% por 10 lts. de agua. 37

HIPOTESIS

El Azul de Metileno produce lesiones histológicas en algunos órganos de la Tilapia híbrida (Oreochromis sp.) cuando se usa a dosis terapéuticas.

OBJETIVOS

Observar y evaluar las lesiones producidas en: aparato digestivo, hígado, riñón, encéfalo, y ojo, cuando se utiliza el Azul de Metileno a dosis terapéuticas en Tilapia híbrida (Oreochromis sp).

MATERIAL Y METODOS

Localización

El trabajo se llevo a cabo en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en el Departamento de Producción Acuícola.

Material Biológico

Se utilizaron 32 Tilapias (Oreochromis sp.), traídas del centro piscícola de Zacatepec, Morelos., el peso vivo promedio fue de 8 g, se sortearon para determinar la ubicación de cada lote, manteniendose en 4 lotes de 8 animales cada uno.

Alimento

El alimento que se proporcionó fue administrado considerando el 2.5 % de su peso, se les administró una dieta balanceada y adecuada especialmente para la edad de los organismos del ensayo, la cual consta de:

- 170 g de harina de pescado.
- 150 g de harina de carne.
- 460 g de sorgo.
- 180 g de P. soya.
- 40 g de girasol.
- .5 g de vitaminas.
- .5 g de minerales.

haciendo el total, del cual se administraba sólo una vez al día y de acuerdo con el peso de la biomasa.

Método

Se prepararon las peceras para cada lote, se utilizaron 4 peceras de 40 lts., se marcó el límite de agua, se dejó oxigenar con los aereadores por 24 horas antes de trasladar a los peces por primera vez, se utilizaron 2 bombas de aire de 115 voltios cada una, para alcanzar una concentración mínima de 5 ppm. de oxígeno a través de 4 mangueras plásticas para la conducción del aire por medio de 4 piedras difusoras.

Se capturó a los peces con una red y se tomó el peso por cada lote, para distribuirlos lo más homogéneamente posible, quedando de la siguiente manera:

L1: 39.29 g

L2: 41.90 g

L3: 41.17 g

L4: 43.54 g

Con un termómetro sumergible, se tomó la temperatura del agua, para compararla con la de la pecera donde estaban originalmente, en caso de haber tenido una gran variable de temperatura, se ponía a los peces en bolsas de plástico, flotando en la pecera para temperaturizarlos, en este caso la temperatura promedio fue de 20 C en ambas peceras.

Se hizo un sorteo para asignar los tratamientos a las peceras.

Se agregaba con una jeringa de 20 ml, el azul de Metileno en solución al 1% aplicando 3 ml/10 l de agua, haciendo un total de 12 ml para la pecera con capacidad de 40 l, aplicando los 3 primeros días de cada semana, se cambiaba el agua cada 7 días (sin lavar la pecera), con un sifón de plástico, tratando de eliminar la mayor parte de materia orgánica, el agua de cambio se decoloraba, por método químico con la adición de 30 gotas de tiosulfato de sodio al 30%, por cada

10 l de agua, se lavaba la pecera perfectamente, sin utilizar detergente cada 15 días, y se decloraba de la manera antes mencionada. Al día siguiente de la última aplicación del azul de Metileno, se sacrificaba un pez, cortando a nivel del opérculo para desmedular. se le abría una ventana con las tijeras de disección para exponer los órganos de la cavidad abdominal, para fijarlos en una solución de formol al 10%, se dejaban 3 días aproximadamente y después se evisceraban, se obtenían los órganos, se clasificaban y se mandaban a incluir en parafina y teñir con Hematoxilina y Eosina en el Departamento de Histología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Los órganos que fueron muestreados por cada pez fueron: aparato digestivo, encéfalo, gónadas, hígado, ojo y riñón. El tratamiento se llevó a cabo durante 8 semanas, sacrificando un pez cada semana, hasta finalizar el ensayo.

Ensayo Experimental

Lote 1 y 3 se les aplicaban 12 ml de azul de metileno al 1% a cada lote y se lavaba perfectamente la pecera cada 15 días.

Lote 2 era el grupo control, no se aplicaba ningún tratamiento y se lavaba cada 15 días.

Lote 4 se le aplicaba 12 ml de azul de metileno al 1% y se lavaba perfectamente la pecera cada 7 días.

Análisis Estadístico

Para comparar la frecuencia de lesiones de los diferentes lotes contra el lote 2 (control), se utilizó la Prueba exacta de Fisher para cada lesión

RESULTADOS

En los cuadros 1, 2, 3 y 4, se describen las lesiones en cada lote, por órgano y por cada semana de tratamiento.

El cuadro 5 muestra la mortalidad observada en los diferentes lotes.

También se observaron incidentalmente algunos parásitos en intestino en los lotes 2, 3 y 4 (Figuras 3, 4, 5) y en encefalo (Figura 11) .

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (P 0.05) en las siguientes lesiones y lotes:

Edema en intestino.	Lote 1.
Endosomas en hígado.	Lote 4.
Degeneración hialina en riñón.	Lote 1. Lote 3.
Necrosis renal.	Lote 1. Lote 3.

En los lotes tratados (lote 1 y lote 3) comenzaban a morir los peces a partir de la 2ª semana además de que los peces sobrevivientes manifestaban problemas para respirar al boquear y el ambiente tenía un olor nauseabundo razón por la cual, en el lote 4 se cambiaron practicas sanitarias.

DISCUSION

Se presento una elevada mortalidad lo cual puede atribuirse al efecto del azul de metileno sobre el medio acuático, ya que inhibe la oxidación biológica del amoniaco. en los lotes tratados y en el lote control solo murió un pez lo cual pudo deberse a efectos del confinamiento. 10, 12

Cuando en un sistema intensivo o en un acuario la dieta es rica en proteína se produce un nivel alto de amoniaco como subproducto principal nitrogenado de la excreción, de tal forma que cuando se reciclan las aguas sin otro tratamiento más que la oxigenación se puede llegar a un nivel alto de amoniaco. 31

La exposición a concentraciones subletales o letales de amoniaco, causan daño a branquias, degeneración celular, hemorragias internas en órganos, congestión en sinusoides hepáticos, anemia irreversible, etc. 30

La acumulación del amoniaco o de sustancias químicas irritantes lesionan las branquias alterando la respiración y la osmorregulación, dañando el intercambio respiratorio y generando un crecimiento bacteriano. 31

Ademas el amoniaco es una sustancia metahemoglobinizante, lo cual ocasiona que llegue menos oxígeno a las células y por lo tanto los peces mueren. 14

El azul de metileno, por si mismo es una sustancia que así como puede utilizarse en casos de metahemoglobinemia, por su sistema de oxidoreducción, así como reduce la metahemoglobina a hemoglobina, puede a la vez oxidar la hemoglobina a metahemoglobina y como se explico anteriormente los peces mueren por anoxia, también puede provocar hemolisis, afectando al sistema nervioso central, y es capaz de producir trastornos gastrointestinales y nerviosos, moderadas dosis elevan la temperatura, la acción es central y resulta de un incremento del metabolismo gaseoso y decremento de glicógeno hepático. 17, 18, 23, 36, 40

1) APARATO DIGESTIVO

El edema en intestino en el lote 1 indica un efecto irritativo del azul de metileno, de tipo agudo, posiblemente éste efecto se hubiera observado en el lote 3 pero la alta mortalidad observada la 2ª semana en éste, impidió su evaluación; en el lote 4 hubo una modificación del manejo sanitario de cada 15 días a cada 7 días por lo que éste efecto no se presentó.

La evaluación de otras lesiones inflamatorias en el intestino como descamación epitelial, infiltración mononuclear y heterofílica en mucosa es difícil dado que se hallaron parásitos (esporozoarios) (Figura 3) y por otro lado pocos (4 o 5) heterofilos por campo en submucosa, es considerada como normal en peces,³¹ aunque estas lesiones son reportadas en humanos como efecto del medicamento.

23

2) ENCEFALO

Las lesiones congestivas de todos los lotes en encéfalo siempre se presentan por el método eutanásico utilizado, también pueden atribuirse a que el azul de metileno ocasiona trastornos en sistema nervioso como irritación.²³

La infiltración mononuclear a nivel subdural es una lesión común en tilapias confinadas en acuario ya que los peces al marcar su territorio y definir su jerarquía suelen golpearse unos a otros constantemente y por el manejo al que están sujetos.

3) HIGADO

En hígado la degeneración glucogénica y grasa se observó en todos los lotes, (Figura 6, 7) obedece a un incremento en el consumo de energéticos en relación con el gasto energético de los peces, pues la dieta está balanceada de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la especie pero a nivel de estanquería

donde el gasto energético es mayor por el espacio y la competencia, mientras que en el acuario no existe.

La presencia de inclusiones proteínicas dado que se observó en los lotes de mayor tiempo de tratamiento están implicando sin lugar a dudas un efecto del mismo, ya que las partículas del medio son englobadas por los endosomas de las células como un proceso homeostático de protección (Figura 6), sobre todo cuando éstas, son tóxicas o están en gran cantidad y en este caso el medicamento tiende a acumularse por varios días. El hecho de hallar algunos en el lote control puede deberse a la presencia de cobre de la tubería del agua como se han observado en algunos trabajos experimentales. 7, 10, 11, 12, 13, 17, 29

4) OJO

Crociditis: Dado que se presentó en todos los lotes es factible pensar en un efecto del confinamiento y consecuentemente un aumento en metabolitos tóxicos e irritantes como amoníaco (Figura 8), así como una posible infección por aumento de bacterias gram negativas (aunque no se hizo un análisis bacteriológico). 12, 29, 30, 31

5) RIÑÓN

Las lesiones de degeneración hialina y necrosis en riñón, (Figura 9, 10) se observaron con mayor intensidad en el lote control por lo que se atribuye esta lesión al efecto del confinamiento más que al efecto del tratamiento. 12, 29

Los precipitados proteínicos en riñón tienen la misma fundamentación que en el hígado.

CUADRO No. 1

Lesiones observadas en el Lote 1 por órgano y por cada semana de Tratamiento.

SEMANA	DIGESTIVO	ENCEFALO	HIGADO	OJO	RIÑON
1	Intestino con abundante moco con zona de infiltración por mononucleares y heterófilos en submucosa, edema submucoso.	SCPA.	Ligera degeneración aparente a nivel periácnar.	SCPA.	Contenido proteínico en la luz de los tubulos contomeados .
2	Intestino con bastante moco y edema submucoso.	Congestión aguda.	Abundantes inclusiones proteínicas globulares en los hepatocitos con aparente degeneración glucogénica, y degeneración grasa.	SCPA.	Calcificaciones metastásicas.
3	SCPA.	SCPA.	Presencia de algunas inclusiones proteínicas globulares en hepatocitos y aparente degeneración glucogénica.	Coroides con infiltración por heterófilos.	Degeneración vacuolar de células epiteliales tubulares.
4	Estomago con ligero edema submucoso .	SCPA.	Degeneración grasa aparente.	SCPA.	Congestión, degeneración hialina de tubulos y necrosis.
5	SCPA.	SCPA.	Aparente degeneración glucogénica con inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	SCPA.	Congestión, degeneración vacuolar, precipitados proteínicos en la luz, calcificaciones metastásicas o quiste parasitario, Gran zona de necrosis licuefactiva con zona inflamatoria marginal y tej. conjuntivo fibroso.

SCPA = Sin cambios patológicos aparentes.

NOTA: Solo hubo 5 semanas de tratamiento porque murieron 3 peces.

CUADRO No. 2

Lesiones observadas en el Lote 2 por órgano y por cada semana de Tratamiento.

SEMANA	DIGESTIVO	ENCEFALO	HIGADO	OJO	RIÑON
1	SCPA.	SCPA.	Muy incipiente degeneración grasa.	SCPA.	Ligera degeneración hialina de algunas células epiteliales tubulares, precipitados proteinicos en la luz tubular.
2	SCPA.	Pequeña zona subdural de infiltración por mononucleares	SCPA.	SCPA.	Calcificaciones metastásicas, degeneración hialina de algunas células epiteliales tubulares y necrosis, precipitados proteinicos en la luz.
3	SCPA.	Congestión aguda, esporozoario.	Aparente degeneración glucogénica.	Edema en coroides almohadilla adiposa subcorneal.	Abundante degeneración hialina y necrosis del epitelio tubular.
4	Presencia de algunos parásitos en la luz intestinal.	SCPA.	Aparente degeneración glucogénica con inclusiones proteinicas globulares.(endosomas)	SCPA.	Degeneración hialina del epitelio tubular y necrosis, congestión.
5	SCPA.	SCPA.	Degeneración glucogenica con inclusiones proteinicas globulares.(endosomas)	SCPA.	Congestión, degeneración hialina y necrosis.
6	SCPA.	SCPA.	SCPA.	SCPA.	Degeneración hialina y necrosis y congestión
7	SCPA.	SCPA.	SCPA.	SCPA.	Congestión degeneración hialina y necrosis.
8	Presencia de algunos parásitos en la luz intestinal.	SCPA.	Degeneración grasa incipiente y degeneración glucogenica.	Marcada coroiditis.	Degeneración hialina y necrosis, calcificación metastasica

SCPA = Sin cambios patológicos aparentes.

CUADRO No. 3

Lesiones observadas en el Lote 3 por órgano y por cada semana de Tratamiento.

SEMANA	DIGESTIVO	ENCEFALO	HIGADO	OJO	RIÑON
1	SCPA.	SCPA.	SCPA.	SCPA.	SCPA.
2	Edema submucoso en estomago.	Congestión aguda.	Aparante degeneración glucogénica.	Congestión corooidal con infiltrados por heterófilos, también se observan en tejido conjuntivo retrobulbar y en nervio óptico.	Congestionado, calcificaciones metastásicas, zonas de degeneración hialina y necrosis epitelial tubular, edema, degeneración vacuolary necrosis.
3	SCPA.	SCPA.	Congestión aguda, degeneración parenquimatosa y deg. grasa incipiente.	Ligeros infiltrados heterofilicos entre retina y coroides.	Calcificaciones metastásicas, degeneración hialina del epitelio tubular.
4	Intestino con esporozoarios y abundante moco.	SCPA.	Aparente deg. glucogenica con Inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	Coroiditis aguda.	SCPA.

SCPA = Sin cambios patológicos aparentes.

NOTA: Solo hubo 4 semanas de tratamiento porque murieron 4 peces.

CUADRO No. 4

Lesiones observadas en el Lote 4 por órgano y por cada semana de Tratamiento

SEMANA	DIGESTIVO	ENCEFALO	HIGADO	OJO	RIÑON
1	SCPA.	SCPA.	Degeneración glucogénica Inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	Cornea con infiltración heterófila.	Degeneración hialina, necrosis y congestión.
2	SCPA.	Congestión.	Degeneración glucogénica aparente, inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	Infiltrado heterófilico en conjuntiva.	Degeneración hialina, necrosis, congestión.
3	SCPA.	SCPA.	Aparente degeneración grasa incipiente y degeneración glucogénica	SCPA.	Congestión, edema, calcificaciones, degeneración hialina y necrosis.
4	SCPA.	SCPA.	Aparente degeneración glucogénica, inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	Congestión coroidal marcada.	Congestión, edema y degeneración hialina.
5	SCPA.	SCPA.	Degeneración parenquimatosa y glucogénica. Inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	SCPA.	Congestión, edema y degeneración vacuolar.
6	SCPA.	SCPA.	Degeneración parenquimatosa y degeneración grasa.	Coroiditis aguda, edema, infiltrados heterófilicos en nervio y tejido retrobulbar.	Congestión, degeneración hialina y necrosis.
7	SCPA	Congestión aguda.	Aparente degeneración glucogénica Inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	SCPA.	Degeneración hialina y necrosis.
8	Quiste de esporozoario gigante en intestino, ligero edema submucoso.	SCPA.	Degeneración hialina, Inclusiones proteínicas globulares. (endosomas)	SCPA.	Calcificaciones metastásicas y congestión

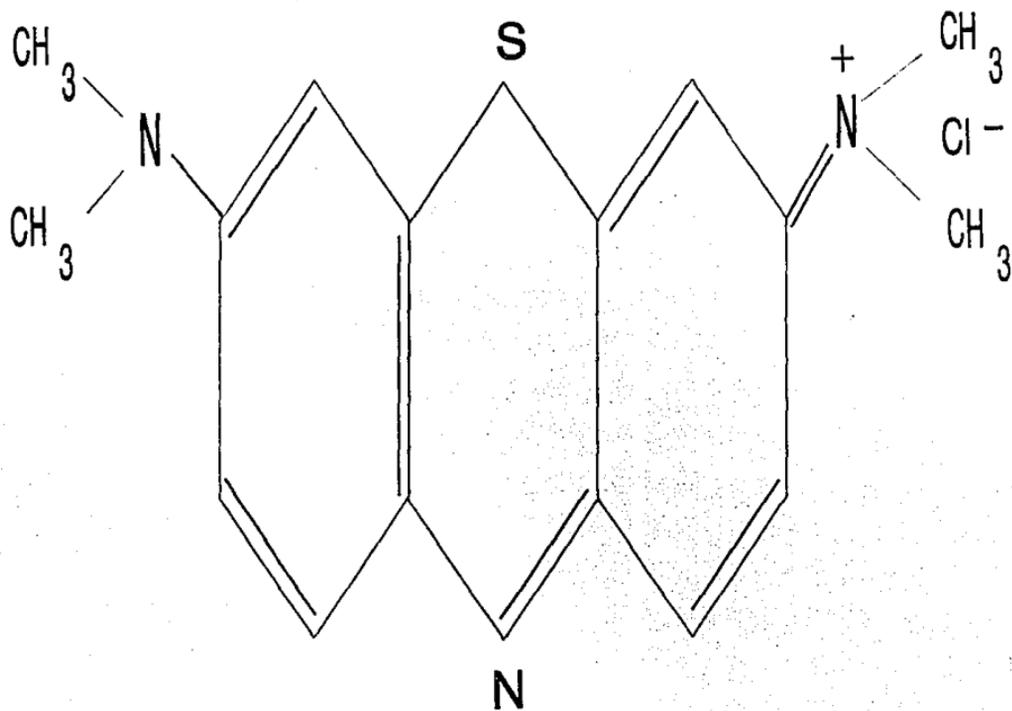
SCPA = Sin cambios patológicos aparentes.

CUADRO No. 5

Mortalidad observada en cada uno de los lotes.

SEMANA	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3	LOTE 4
1				
2	2 peces		4 peces	
3				
4	1pez			
5				
6		1 pez		
7				
8				

Figura 1
Estructura Química del Azul de Metileno



Azul de Metileno

Figura 2

Reacción de Oxido Reducción del Azul de Metileno

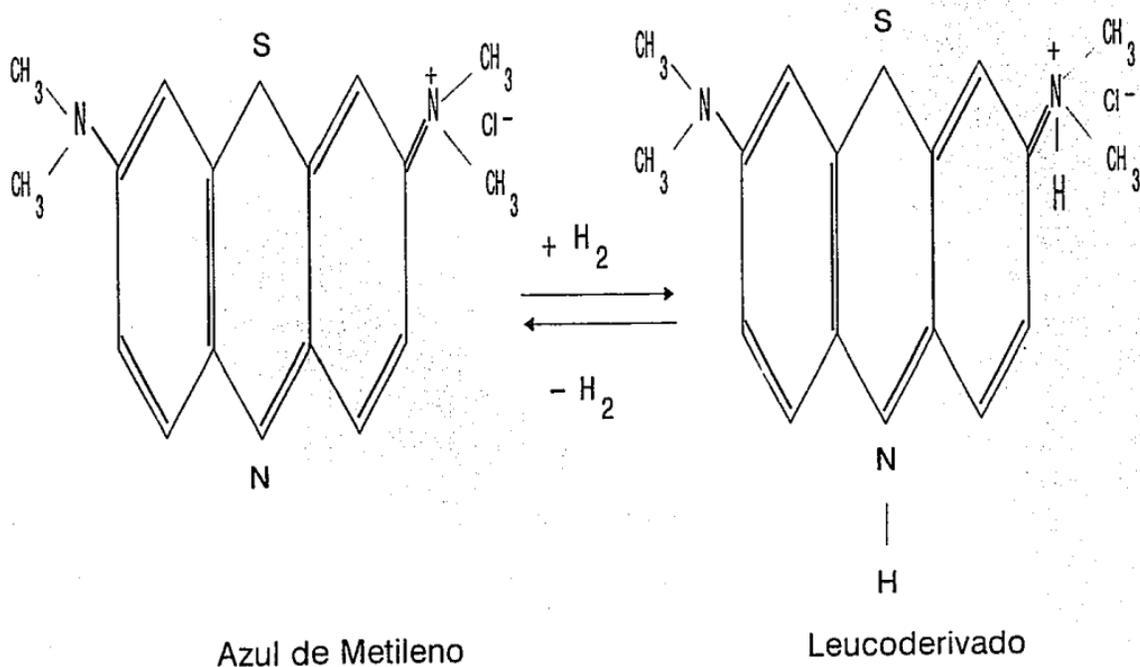




Figura 3

Esquistos de Eimeria en Intestino.



Figura 4

Esporozoario gigante en intestino.

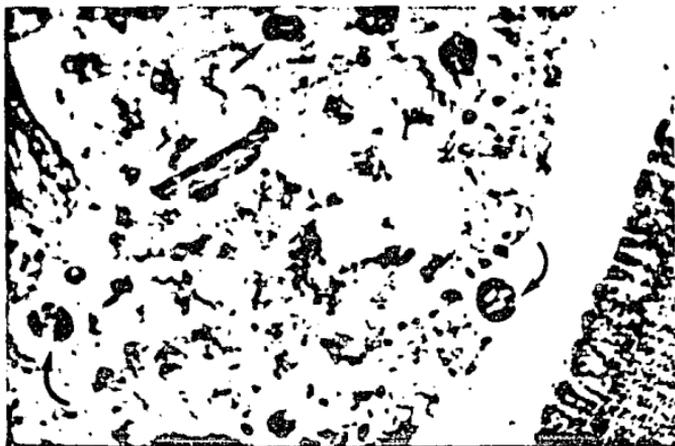


Figura 5

Posibles nematodos o acantocefalos vistos en corte transversal de intestino



Figura 6

A) Degeneración glucogénica. B) endosomas en hígado.

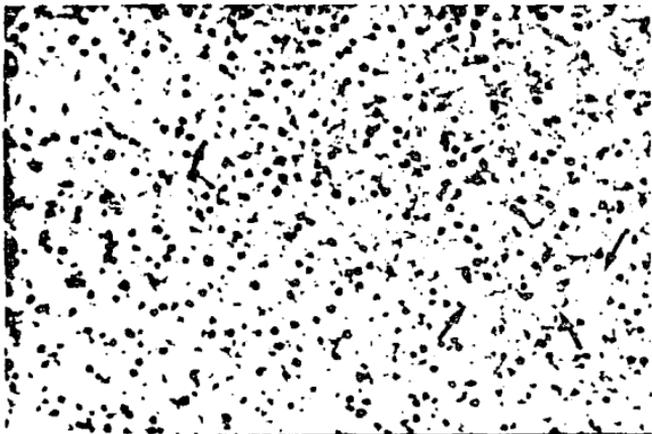


Figura 7

Degeneración grasa en hígado



Figura 8

Coroiditis, edema. infiltrados heterofilicos en ojo.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Figura 9

Degeneración vacuolar del epitelio tubular, necrosis, deg. hialina en riñón.

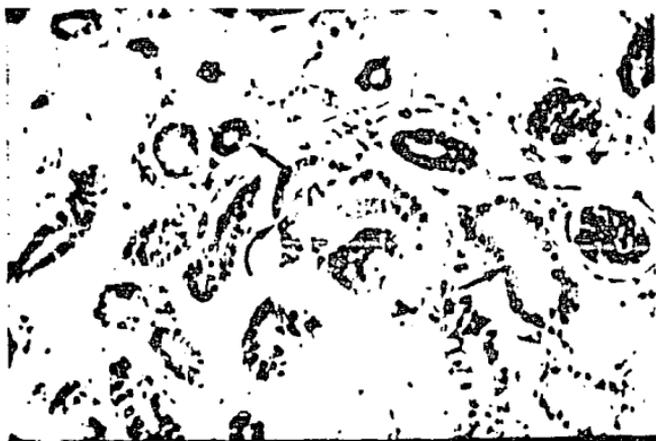


Figura 10

Proteína en tubulos, necrosis, deg. hialina en riñón.

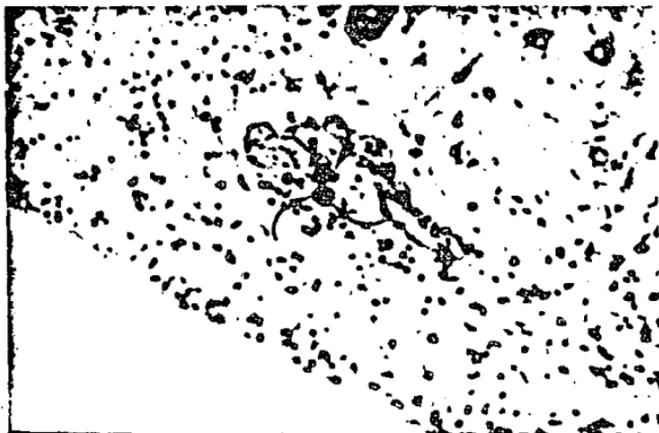


Figura 11

Encefalo con esporozoarios.

LITERATURA CITADA

- 1.- Aguilera, H.P., Noriega, C.P.: La Tilapia y su Cultivo. Fondepesca, México, 1988.
- 2.- Armijo O.A., Enriquez, A.J., Vazquez, C.C.: Piscicultura. Secretaria de Pesca, México, 1982.
- 3.- Armijo, O.A., Enriquez, A.J., y Rodríguez, M.C.: Enfermedades de la Tilapia. Secretaria de Pesca, México, 1982.
- 4.- Arrignon, J.: Ecología y Piscicultura de Aguas Dulces. 2a. Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1984.
- 5.- Barcelo Jose R.: Diccionario Terminologico de Química. 2ª Ed. Editorial Alhambra, Madrid, España, 1979.
- 6.- Bardach, J.E., Ryther, J.H., y McLamey, W.D.: Acuicultura. Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce. AGT Editor S.A., México, D.F., 1990.
- 7.- Barnabé, G.: Acuicultura. Editorial Omega S.A., Barcelona, España, 1991.
- 8.- Beveridge M.C.: Cage Aquaculture. Fishing News Books. Great Britain, England, 1991.
- 9.- Coll M.J.: Acuicultura marina animal. 2a. Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1986.
- 10.- Collins, M.T., Gratzek, J.B., Dawe, D.L., and Nemetz, T.G.: Effects of parasiticides on nitrification. Journal Fish Res. Board Can., 32: 2033-2037 (1975).

- 11.- Connell J.J., y Hardy R(Ph.D.): Avances en Tecnología de los Productos Pesqueros. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España, 1987.
- 12.- Cordova M.S.: Estudio comparativo de la histopatología de la Tilapia (*Oreochromis sp.*) en animales en confinamiento (estanques y acuarios). Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M., México, D.F., 1994.
- 13.- Dorland, Bia F.J., Brady J.P., Brady L.W.: Diccionario Enciclopédico Ilustrado de Medicina. 26ª Ed. Editorial Interamericana, Madrid, España, 1988.
- 14.- Drill, V.A.: Farmacología Médica. La prensa mexicana, México, D.F., 1974.
- 15.- Garcia, B.J.: Acuicultura moderna. Prefabricación y Automatización. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España, 1988.
- 16.- García, M.L.: Estudio de la patología, parasitología y bacteriología en tilapias *O. aureus* y *O. mossambicus* en la laguna de Amela, Tecoman, Colima. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M., México, D.F., 1991.
- 17.- Goldstein A., Aronow, & Kalman: Principles of Drug Action: The Basis of Pharmacology, 2º Ed. Printed in the U.S.A., 1976.
- 18.- Guir Edwar: Synthetic Dyes, Academic Press, London, Great Britain, 1971.
- 19.- Hepher B., y Prugini Y.: Cultivo de Peces Comerciales. Editorial Limusa, México, D.F.1985.
- 20.- Herwig, N., Garibaldi, L., and Worke, R.E.: Handbook of Drugs and Chemicals Used in the Treatment of Fish Disease. Thomas Publisher, U.S.A., 1979.

- 21.- Huet, M.: Tratado de Piscicultura. 3a. Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1983.
- 22.- Jiménez, G.F., Galviz, S.L., Segovia, S.F., y Garza, F.H.: Sanidad Acuicola, Manual Introducción a la Sanidad Piscícola. Fideicomiso Fondo Nacional Para el Desarrollo Pesquero. Fac. de Ciencias Biológicas, U.A.N.L., México, D.F., 1989.
- 23.- Litter Manuel: Farmacología Experimental y Clínica. 7ª Ed. "El Ateneo" Argentina, 1988.
- 24.- López T.J.: Programa de Desarrollo Integral de la Acuicultura. Secretaría de Pesca, México, D.F., 1990.
- 25.- López T.J.: Programa Nacional de Desarrollo de la Pesca y sus Recursos 1990-1994. Secretaría de Pesca, México, D.F., 1990.
- 26.- Meade J.W.: Aquaculture Management. AVI Book, U.S.A., 1989.
- 27.- Meireles, R.T., Fajer, A.E., Prieto, T.A., and Vinjoy, C.M.: Manual de Enfermedades de los Peces de Agua Dulce. Ministerio de Educación Superior, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Fac. de Medicina Veterinaria, Habana, Cuba, 1985.
- 28.- Morales, D.A.: La Tilapia en México. AGT Editor S.A., México, D.F., 1985.
- 29.- Ocadiz T.R.: Hallazgos histológicos en Tilapia Oreochromis spp. derivados de la intoxicación con mercurio por el tratamiento con timerosal (mertiolate) en doce semanas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.N.A.M., México, D.F., 1992.
- 30.- Ribelin, W.E., Migaki, G.: The pathology of fishes, The University of Wisconsin Press, U.S.A., 1975.

- 31.- Roberts, R.J.: Patología de los peces, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1981.
- 32.- Ruíz D.M.: Recursos Pesqueros de las Costas de México. 2a. Ed. Editorial Limusa, México, D.F., 1985.
- 33.- Sevilla H.M.: Introducción a la Acuicultura. CIA, Editorial Continental S.A. de C.V., México, D.F., 1981.
- 34.- Spotte, S.: Fish and Invertebrate Culture. 2a. Ed. Wiley Interscience Publication, U.S.A., 1979.
- 35.- Stephen Miall and Mackenzie Miall L.: Diccionario de Química. 2ª Ed. Atlante, S.A., México, D.F., 1953.
- 36.- Torald Sollmann M.D.: A Manual of Pharmacology, W.B. Saunders Company, 7ª Ed. Philadelphia, U.S.A., 1948.
- 37.- Van Duijn, C.J.: Disease of Fish. 3rd. Ed. Iliffe Books, London, England, 1973.
- 38.- Wheaton F.M., and Lawson T.B.: Processing Aquatic Foods Products. Wiley Interscience Publication, U.S.A., 1985.
- 39.- Wheaton F.M.: Aquacultural Engineering. Wiley Interscience Publication, U.S.A., 1979.
- 40.- William B. Deichman PhD., and Horace W. Gerarde, M.D. PhD.: Toxicology of drugs and Chemicals, Academic Press, N.Y., U.S.A., 1969.
- 41.- Zarzuelo P.E.: Principales Enfermedades Infecciosas de los Peces. Editorial Aedos, Barcelona, España, 1981.