



136
24
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DEL EFECTO DE LA BACITRACINA-ZINC COMO PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN TILAPIAS (*Oreochromis mossambicus*; Peter, 1852), MANTENIDAS BAJO ANESTESIA CON ALCOHOL ETILICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
JUAN CARLOS MENCHACA IBÁÑEZ

MEXICO, D. F.

1992

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.

INDICE

	RESUMEN.	1
1.	INTRODUCCION.	1
1.1.	Generalidades.	1
1.2.	El cultivo de la tilapia.	2
1.2.1.	Taxonomía y diagnosis de la Tilapia.	5
1.2.2.	Características reproductivas de la Tilapia.	7
1.3.	Crecimiento.	8
1.3.1.	Factores que afectan el crecimiento.	10
1.3.2.	Desarrollo y crecimiento de las tilapias.	11
1.4.	Anestésicos.	11
1.5.	Alimentación y nutrición.	12
1.5.1.	Aditivos alimenticios.	13
1.5.2.	Antibióticos y promotores de crecimiento.	14
1.6.	Objetivos.	18
1.6.1.	Objetivo general.	18
1.6.2.	Objetivos particulares.	18
1.7.	Hipótesis de trabajo.	18
2.	ANTECEDENTES.	19
3.	MATERIAL Y METODO.	23
3.1	Selección y aclimatación de los organismos.	23
3.2.	Diseño del bloensayo.	24
3.3.	Análisis histopatológico.	26
3.4.	Manejo Estadísticos de Resultados.	27

4.	RESULTADOS.	28
4.1.	Incremento en peso.	28
4.2.	Análisis Histopatológico.	29
5.	DISCUSION.	30
6.	CONCLUSIONES.	34
7.	FIGURAS.	35
8.	GRAFICAS.	38
9.	CUADROS.	44
10.	REFERENCIAS.	52

RESUMEN

En el presente trabajo se prueba el efecto de un antibiótico, la bacitracina-zinc sobre el crecimiento de tilapia del género *Oreochromis mossambicus*, las cuales fueron mantenidas bajo anestesia durante su manipulación, a fin de evitar pérdidas significativas de peso por el estrés.

Los organismos fueron tratados con alimento suplementado con el antibiótico a dosis de 1.25, 2.50, y 5.00 miligramos por 250 gramos de alimento.

Los peces alimentados con dietas suplementadas con 1.25, 2.50 y 5.00 mg de bacitracina-zinc presentaron una ganancia en peso de 271.96, 219.14 y 287.82 por ciento respectivamente. Por su parte en el grupo control se obtuvo una ganancia de peso de 243.56 por ciento.

Al aplicar un análisis estadístico de Krushkal Wallis se encontraron diferencias significativas entre el crecimiento del grupo control y el de los tres tratamientos.

Los resultados obtenidos parecen indicar un mayor crecimiento y en consecuencia una mejor conversión alimenticia entre los peces que recibieron dosis de 5.00 y 1.25 mg de bacitracina-zinc en la dieta.

El presente estudio pretende aportar a la práctica piscícola un método eficaz para optimizar la productividad del cultivo de la tilapia, obteniendo un sensible incremento de la biomasa en un menor intervalo de tiempo con lo cual además se reducirían significativamente los costos de producción.

1. INTRODUCCION

1.1 Generalidades.

La acuicultura se puede definir de varias maneras que van, desde la propagación de organismos acuáticos bajo completo control humano, hasta el manejo de por lo menos una etapa de la vida del organismo antes de cosecharlo, teniendo como propósito aumentar su producción y rendimiento. (Anónimo, 1986).

Desde el punto de vista biológico, la acuicultura es el intento del hombre por incrementar la productividad de los recursos acuáticos mediante la manipulación deliberada de sus procesos fisiológicos de crecimiento, reproducción y mortalidad, haciendo uso de insumos como alimento, energía y mano de obra. (Aguilera y Noriega, 1985).

En cuanto a la producción de alimento, se sabe que la acuicultura ha sido empleada durante milenios en algunos países asiáticos, sin embargo su potencial global ha sido señalado sólo en los últimos años; en la actualidad se dedican cada día más superficies y recursos a tan promisoría actividad. (Shimada, 1983).

Aún cuando la acuicultura permanece en etapa experimental en algunos países, ya se ha consolidado en otros. En México ha alcanzado niveles de desarrollo que van desde la escala experimental hasta la producción comercial.

Es conveniente resaltar que la mayoría de los organismos acuáticos son más eficientes en la conversión de los alimentos primarios que otros animales como los bovinos, porcinos y aves. Por lo que la acuicultura tiene el potencial de producir cantidades masivas de alimento de alto valor proteínico a bajos costos. (Aguilera y Noriega, 1985).

La piscicultura es un caso particular de la aplicación de la acuicultura, y consiste en la producción de peces mediante el control de su desarrollo, desde la obtención del huevo hasta la cosecha, proporcionándoles los medios adecuados para su crecimiento y engorda. (Anónimo, 1986).

A fines del siglo pasado, los objetivos de la piscicultura en nuestro país fueron: el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales; el incremento de la producción agropecuaria con productos de alta calidad nutricional, pero que puedan ser consumidos por el sector poblacional de más escasos recursos económicos, y además generar empleos en la zona rural del país. En los últimos años y como un objetivo más de esta actividad, se ha incluido a la rentabilidad o beneficio económico. (Hernández y Benítez, 1991).

1.2 El cultivo de la tilapia.

En lo que se refiere a cultivos piscícolas, la tilapia posee gran importancia potencial en la producción de proteína animal en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo. (Aguilera y Noriega, 1985).

La tilapia o mojarra africana, fue introducida a México el 10 de junio de 1964, procedente de Auburn, Alabama, E.E.U.U. (Morales, 1974). Las especies que se incluyeron en esta introducción fueron: *Tilapia aurea*, *Tilapia melanopleura* y *Tilapia mossambica*. Las cuales fueron depositadas en la Estación Piscícola de Temascal, Oax. (Jiménez et. el. 1988).

En acuicultura se plantea la necesidad de buscar alimentos efectivos para el cultivo de peces. El cultivo de las tilapias está ampliamente extendido en México, siendo una especie comercial, por lo que se requieren alimentos de baja conversión y a la vez de buena calidad, con el fin de

obtener organismos en buenas condiciones de robustez y sanidad. (Imprenta Universitaria U.A.E.M., 1982).

El cultivo de la tilapia en la República Mexicana ocupa el primer lugar en importancia, logrando en el transcurso de 1987 una producción total de 27.765 toneladas, de acuerdo con los datos estadísticos proporcionados por la Dirección General de Acuicultura; además cabe señalar que la producción de crías de esta especie, ocupa también el primer lugar, con 38 millones 665 mil ejemplares. (Jiménez, et. al. 1988).

En 1981 con la llegada al país de la tilapia roja proveniente de Florida E.E.U.U., a través del Natural System, se implementaron programas de reproducción controlada en los centros acuícolas de Zacatepec y el Rodeo en el estado de Morelos. En las jaulas flotantes se efectuaba el crecimiento hasta alcanzar la talla comercial.

La adaptación de la tilapia a nuestro país ha sido amplia, principalmente en las zonas tropicales como sucede en los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacan, Veracruz y Sinaloa, en donde se registran capturas considerables al año, creando fuentes de alimentación y trabajo en estas entidades federativas. (Anónimo, 1988).

Los atributos favorables que convierten a la tilapia en uno de los géneros más apropiados para la piscicultura, son los siguientes: gran resistencia física, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad debido a su tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, conversión alimenticia de 1:1.5 lo que significa que por cada Kg de alimento, produce 1.5 Kg de carne; alto índice de fecundidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno, amplio rango para salinidades, capacidad de nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales, resistencia a la manipulación o manejo, adaptación a cambios drásticos del medio ambiente y no requiere de instalaciones costosas para su cultivo. (Aguilera y Noriega, 1985) y (Hernández y Benítez, 1991).

Se considera que los híbridos de tilapia como ya se mencionó, son altamente resistentes a enfermedades bacterianas e infecciones parasíticas. las primeras fillales (generaciones) pueden presentar esta defensa, sin embargo las posteriores son relativamente más fácil de ser atacadas por bacterias. (Imprenta Universitaria U.A.E.M.,1982).

Además de los atributos antes mencionados, cabe señalar que la calidad de la carne de tilapia es excelente, puesto que su textura es firme, es de color blanco y no posee huesos intermusculares, lo cual hace que constituya un pescado altamente apetecible. (Aguilera y Noriega, 1985).

Como modelo animal para el estudio de los fármacos y drogas a nivel de acuario, la tilapia ha dado resultados magníficos. (Arce 1989, Basurto 1992, Cervantes 1990, Velázquez 1991).

Entre los requerimientos ambientales más importantes que se deben considerar para el cultivo de la tilapia, figuran: temperatura, oxígeno disuelto, pH y la transparencia del agua.

Las tilapias requieren de temperaturas que fluctúen entre los 20 y 30 grados centígrados, considerándose como rango óptimo de 26 a 29 grados. Sin embargo, toleran temperaturas mínimas de 10 y máximas de 37 a 42 grados centígrados, sufriendo la alteración de sus funciones alimenticias, de crecimiento y reproductivas.

Aún cuando estas especies soportan concentraciones muy bajas de oxígeno (1 mg/l); para efectos de cultivo se deben mantener niveles entre 4 y 5 mg/l. Con bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, el consumo de alimento disminuye y los peces dejan de crecer.

Los valores de pH del agua adecuados para la producción de alimento natural que favorece la nutrición y crecimiento de la tilapia son del rango entre 7 y 8.

Debido al tipo de lugares que habitan estos peces, soportan amplias fluctuaciones de turbidez a lo largo del año, sobre todo durante el período de intensas lluvias. Pero en sistemas de cultivo la transparencia adecuada se debe mantener alrededor de los 45 cm. de profundidad de agua.

Las tilapias aceptan una gran variedad de alimento, desde los balanceados que producen algunas casas comerciales en diferentes presentaciones, hasta los alimentos naturales, suplementarios como: subproductos agrícolas, harinas, pastas de cereales, oleaginosas, leguminosas, levaduras. Productos animales, harinas de carne, hueso, sangre, vísceras, lombrices, gusanos. Desperdicios agroindustriales, residuos de Ingenios azucareros y de la industria alimenticia en general.

Cuando se emplea alimento balanceado para crías de tilapia, es conveniente suministrarlo frecuentemente en pequeñas cantidades a razón del 3 por ciento del peso corporal. (Anónimo, 1986 y Jauncey, 1982.).

Las perspectivas del cultivo de la tilapia son enormes; bástese decir que los logros obtenidos desde que se introdujo hace 23 años son excelentes; y aunque no en todos los casos, los resultados son igualmente fructíferos, debido a las diferencias bioecológicas de las diversas cuencas tropicales; en general podemos decir, que el cultivo extensivo de tilapias ha producido los rendimientos más elevados registrados en embalses mexicanos, dando lugar a cambios socioeconómicos regionales, y nacionales de gran interés e importancia (Anónimo, 1988).

1.2.1 Taxonomía y diagnóstico de la Tilapia

El grupo de especies conocido con el nombre colectivo de tilapia sufre eventualmente reformas taxonómicas, debido a que existe una gran confusión sobre la verdadera identidad de las especies que se usan en trabajos de hibridación. (Imprenta Universitaria U.A.E.M., 1982).

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983) las tilapias existentes en México, se clasifican de la siguiente manera:

Phylum:	Vertebrata
Subphylum:	Craneata
Superclase:	Gnathostomata
Serie:	Pisces
Clase:	Aetnopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidel
Familia:	Cichlidae
Género:	1) <i>Tilapia</i>
	a) <i>rendalli</i>
	2) <i>Oreochromis</i>
	a) <i>aureus</i>
	b) <i>niloticus</i>
	c) <i>mossambicus</i>
	d) <i>urolepis hornorum</i>
	e) variedad <i>mossambica</i> roja
	f) variedad <i>nilotica</i> roja

La familia Cichlidae a la que pertenecen las tilapias, se caracterizan por ser peces de tamaño mediano, de cuerpo comprimido, tipo discoidal. Tienen un sólo orificio nasal a cada lado de la cabeza, y en algunas especies la cabeza del macho es de mayor tamaño que la de la hembra.

La línea lateral se ve interrumpida y dividida en dos partes: la primera se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal y la segunda aparece por debajo de donde termina la anterior hasta el final de la aleta caudal. Presenta una boca ancha, generalmente con labios gruesos. (Fig.2).

Oreochromis mossambicus

Esta especie se distingue por sus aletas pectorales largas como la cabeza o un poco más largas que ésta, el color del cuerpo es gris olivo, algunas veces café o negrusco dependiendo de las condiciones ambientales. Durante el período de reproducción, las hembras se vuelven grisáceas con puntos negros mientras que los machos se vuelven negros con la parte baja de su cabeza y boca blanca, con los extremos de las aletas caudales y dorsales de un rojo diferente. (Anónimo, 1988).

1.2.2 Características reproductivas de la tilapia.

Los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo precisamente por el problema que representa su prolífica reproducción.

Presentan fecundación externa, como la mayoría de los peces: el índice de fecundidad varía de acuerdo con la especie, talla y peso de las gonadas: La madurez sexual en las especies del género *Tilapia* lo alcanzan a la edad de 4 a 6 meses, cuando los organismos presentan una talla de 10 a 20 cm. y pesos de 200 a 400 g aproximadamente. Sin embargo, Uchida y King (1962) mencionan que la madurez sexual se alcanza a los 2 o 3 meses cuando el pez tiene una longitud de 8 a 16 cm. Posteriormente al primer desove, éstos se presentan durante todo el año con intervalos de 30 a 40 días, mismos que están en relación directa con la temperatura del agua, es decir, a mayor estabilidad de ésta a 29°C (óptimo) mayor es el número de desoves por hembra, por lo que se acentúan en los meses de marzo, abril y mayo. No hay que olvidar que en condiciones de cautiverio se pueden presentar problemas de maduración sexual precoz como se verá más adelante. (Anónimo, 1982).

El conocimiento preciso de dichos hábitos y las condiciones en las que se llevan a cabo, permitirán lograr un mejor control del proceso del

cultivo optimizando la producción y evitando la degeneración genética de la especie.

La eficiencia de la reproducción de las tilapias tiene consecuencias paradójicas: por una parte las vuelve atractivas para la piscicultura, particularmente en regiones tropicales y en países en desarrollo, dada la facilidad y rapidez de su propagación. Por otra parte, causa problemas debido a que en condiciones de cautiverio su incontrolada multiplicación provoca "enanismo" a causa de la competencia por alimento y se vuelve precoz en su maduración sexual tanto por factores genéticos como ambientales. (Aguilera y Noriega, 1985).

1.3 Crecimiento.

Se ha definido el crecimiento en los animales como la agregación de elementos estructurales o carnosos; por eso se habla de las proteínas. El crecimiento de los peces, en lo particular, es de gran importancia para el hombre por ser el explotador y administrador potencial de las poblaciones de peces.

Es un hecho que ha quedado demostrado por medio de experimentos de calorimetría controlada realizados con truchas y aves domésticas, que los peces son mucho mejores que las aves de corral en la formación de proteínas (Lagler, 1984).

El crecimiento es un proceso que puede medirse por el cambio en longitud o peso de un pez individual o un grupo de peces entre dos tiempos de muestreo.

Aparte de la anterior definición existen otras definiciones respecto al crecimiento de un organismo y todas están enfocadas hacia la construcción de tejido (mediante la asimilación de alimento) corporal, lo que se traduce en un aumento tanto en talla como en biomasa.

Brett (1979), define el crecimiento como la ingestión de alimento, digestión, asimilación, gasto metabólico y excreción, y que termina en el depósito de material animal.

Vasnetsov (1947), considera que el crecimiento de un pez resulta del consumo de alimento, su asimilación y la construcción del cuerpo del organismo.

Jones (1976), establece que el crecimiento es el cambio de tamaño de un organismo viviente con la edad.

Weatherley (1972), define el crecimiento como el cambio en tamaño (peso, longitud, volumen) con el tiempo.

Jauncey (1982), menciona que el crecimiento es generalmente expresado de las siguientes dos maneras:

a) Porcentaje de peso ganado (%) =

$$\frac{\text{promedio del peso final} - \text{promedio del peso inicial}}{\text{promedio del peso inicial}} \times 100$$

b) Tasa de crecimiento específico. SGR (% día)

$$\text{SGR} = \frac{\log_e W_2 - \log_e W_1}{T_2 - T_1} \times 100$$

Donde W_2 es el peso al tiempo 2 y W_1 el peso al tiempo 1, con el tiempo y el peso expresados usualmente en días y gramos respectivamente.

Esta fórmula da el porcentaje promedio en el incremento del peso por día en cualquier intervalo de tiempo.

Sin embargo una definición más exacta es la citada por Royce (1972), que dice: "El crecimiento es la adición de material el cual es organizado totalmente dentro del organismo". En términos de equivalente de energía puede ser expresado como:

$$\frac{\Delta W}{\Delta t} = R - T$$

En donde W es el crecimiento, R la energía total obtenida de las raciones, y T la energía total expandida en el metabolismo durante una unidad de t.

Es por esto que los peces presentan las siguientes características:

- Los peces no cesan de crecer, sino que su tasa de crecimiento disminuye hasta hacerse asintótica, donde presentan incrementos mínimos en relación al tiempo, se considera un crecimiento ilimitado.
- El crecimiento de los peces se representa mediante una curva de caracter sigmoideo; en su primera fase es exponencial y en la segunda fase asintótica. (Gómez, 1992).

1.3.1 Factores que afectan el crecimiento.

El crecimiento depende de varios factores como son:

- a) La edad
- b) Factores genéticos (sexo)
- c) Factores estacionales y de temperatura
- d) La luz
- e) Factores bióticos (variables dependientes de la densidad)
- f) Los efectos directos de peces sobre peces (efectos de grupo)

El orden de dominancia ha sido observado como factor de crecimiento entre los peces cautivos. También se ha sugerido que puede haber un efecto de grupo en el crecimiento, por arriba y por abajo de la jerarquía entre peces considerados como individuos.

El más notable efecto de grupo en el crecimiento se encuentra en las poblaciones de peces aglomerados. Cuando el pez crece en condiciones de aglomeración desprende una sustancia química, que hace más lento el crecimiento. Entre los peces que presentan este caso de impedimento de desarrollo están la perca amarilla, la perca europea, la mojarrita y otros, así como una tilapia (*Cichlidae-Tilapia mossambica*). (Lagler, 1984).

1.3.2 Desarrollo y crecimiento de las tilapias.

El desarrollo de las tilapias es directo, esto quiere decir que no sufre cambios en su forma; su crecimiento es isométrico o sea, lo mismo crece la cabeza que la cola.

Estos procesos implican los siguientes estadios: huevo, alevín, crías, juvenil y adulto. Estas fases están sujetas a las condiciones del medio ambiente, disponibilidad del alimento y espacio por lo que las tallas y pesos estimados se pueden alcanzar en mayor o menor tiempo. (Anónimo, 1982).

1.4 Anestésicos.

Por otra parte dentro del manejo de peces en general, la manipulación es un factor de primordial importancia, ya que esta manipulación provoca en los animales estados de tensión, en ocasiones tan intensos que pueden causar pérdida de peso, lesiones graves e incluso la muerte. Para evitar o reducir estos estados de tensión, al llevar a cabo prácticas de marcaje o sexado, se practica la aplicación de productos anestésicos o tranquilizantes.

En México, es muy usado el MS-222 como anestésico en peces, sin embargo, por ser un producto de importación resulta muy costoso, por ello últimamente se han realizado algunos trabajos para determinar la eficacia de productos de uso común y más económicos en especies animales domésticas.

Otra manera de anestésicar a ciertos ejemplares de carpas (*Cyprinus carpio*), según Rodríguez y Garza (1985), es utilizando 3,5 g de xilocaína base en 20 litros de agua: sólo si el Ph es ácido se recomienda agregar bicarbonato de sodio hasta alcanzar un Ph neutro. El pez quedará anestesiado cuando no responda a estímulos externos y cesen los movimientos operculares, en este estado puede ser manejado, para recuperarlo se colocará el pez al chorro del agua (Hernández y Benítez, 1991).

Recientemente se ha experimentado con el alcohol etílico de 96° G.L. producto que tiene ventajas tales como su ilimitada disponibilidad, su muy bajo costo y seguridad en el manejo para el piscicultor y para el pez. (Islas, 1990).

La tilapia (*Tilapia hornorum*) se puede inmovilizar durante 30 segundos al ser sometida a un baño de inmersión durante un tiempo de inducción de un minuto. Esto se logra con una concentración de 95ml./l. de alcohol etílico de 96o G.L. (Castañeda, 1989).

1.5 Alimentación y nutrición.

La manera de comer y el estímulo para hacerlo, deben ser incluidos en cualquier discusión que haya sobre la alimentación de los peces. Los hábitos alimenticios o la conducta relacionada con la alimentación en los peces no se relaciona más que con la búsqueda y la ingestión de alimentos, es decir, la manera de alimentarse. (Lagler, 1984).

La nutrición proporciona al cuerpo todas las materias primas necesarias para satisfacer los requerimientos para sus actividades y funciones a través del alimento consumido.

Los requerimientos fisiológicos de un animal, (crecimiento, actividad, reproducción, etc.), gobiernan su metabolismo, el que a su vez determina los requerimientos alimenticios del animal. El metabolismo es el proceso químico que sufre el alimento para satisfacer las necesidades de un ser viviente.

Una razón importante por lo que la tilapia, está incrementando su popularidad como un pez de cultivo, es su característica alimenticia; se alimenta vigorosamente y crece rápido utilizando eficientemente el alimento natural en la columna de agua y en el fondo del estanque, y puede utilizar una variedad de alimento suplementario. (Anónimo, 1988).

La ciencia de la nutrición acuícola ha logrado grandes avances durante los últimos años, permitiendo que cada vez sea mayor el número de especies que pueden ser alimentadas con dietas artificiales.

Existen, sin embargo, muchas áreas abiertas a la investigación cuyos resultados indudablemente contribuirán a mejorar las técnicas de alimentación, a utilizar nuevos productos como fuente de alimentos, a mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia, a reducir las enfermedades de origen nutricional y, en general, a mejorar la rentabilidad de un cultivo considerando que la alimentación constituye uno de los insumos más costosos y escasos en la acuicultura. (Agullera y Noriega, 1985).

1.5.1 Aditivos alimenticios.

Se sabe que existen los llamados aditivos que son todos aquellos ingredientes o compuestos que se adicionan a los alimentos y cuyo uso mejora en alguna forma la apariencia, la vida en bodega, la aceptación, la digestión, la absorción o el metabolismo de los alimentos, aunque en rigor,

no son estrictamente esenciales para la nutrición del animal (Shimada, 1983).

1.5.2 Antibióticos y promotores de crecimiento.

Los promotores de crecimiento deben reunir varias características que los distinguen y definen su calidad como tales:

- Ejercer una acción favorable sobre la flora intestinal.
- No ser empleados con fines terapéuticos.
- No ser absorbidos por el tracto intestinal.
- No ser tóxicos ni peligrosos para la salud del hombre y los animales.
- No dejar residuos en los tejidos.
- Ser fácilmente degradados en el medio para no contaminar el ambiente (Cervantes, 1990).

La adición de antibióticos a los alimentos para animales es una práctica aceptable y generalizada, que permite un mejor y más eficiente crecimiento de los animales.

Lo anterior se debe principalmente a tres razones: los antibióticos controlan las enfermedades subclínicas que pudieran padecer los animales; permiten una mejor absorción de los nutrientes a través de la mucosa intestinal debido a una reducción en el grosor de la misma; tienen un efecto substitutivo de algunos nutrientes.

Los antibióticos en los alimentos se emplean básicamente a dos niveles: el llamado nutricional (20-50g, por tonelada de alimento) y el preventivo (100g/Ton). (Shimada, 1983).

El conocimiento de que la adición de antibiótico mejora notablemente el crecimiento de pollos y lechones alimentados con raciones formuladas principalmente con ingredientes proteicos de origen vegetal, se debe en gran parte a las investigaciones realizadas por Stokstad y Jukes de la "American Cyanamid Co" en 1949, Cunha y colaboradoras de la

Universidad de Florida, y McGinnis y colaboradores de la Universidad de Washington.

Muy poco tiempo después de los primeros informes acerca de la estimulación del crecimiento en los pollos alimentados con clorotetraciclina (aureomicina), se descubrió que también los lechones, becerros, pavipollos, corderos, potros, cachorros, mink, ratas y ratones, mostraban respuestas positivas en su crecimiento cuando recibían alimentos adicionados con antibióticos. Posteriormente se supo que la oxitetraciclina (terramicina), la estreptomina y algunas formas de penicilina y de bacitracina, también estimulaban el crecimiento de pollitos y lechones. Los efectos sobre el crecimiento fueron diferentes de acuerdo al antibiótico empleado. Como era de esperarse por las respuestas obtenidas, las clorotetraciclina, oxitetraciclina, penicilina, estreptomina, y bacitracina, han sido las más usadas para complementar las raciones de los animales. (Maynard, 1979).

La penicilina es reportada como un bioestimulante que incrementa el crecimiento en peces, sin embargo, Mabaye (1971) encontró que para *S. mossambicus* la penicilina añadida a la dieta no mejoró su crecimiento. (Dominic, 1979).

Cabe mencionar que los incrementos en la ganancia de peso son más evidentes durante la etapa de crecimiento rápido, y después tienden a ser menores. No se ha demostrado que el tamaño adulto o maduro de los animales sea aumentado por el uso de raciones complementadas con antibióticos. (Maynard 1979).

En general, sobre los antimicrobianos se puede decir que permiten mejorar el crecimiento y la eficiencia de los animales, posiblemente hasta en un 10%, pero que de ninguna manera deben ser substitutos de buenas prácticas de higiene y de manejo dentro de las explotaciones. (Shimada, 1983).

Como ya se mencionó, la bacitracina es uno de los aditivos no nutricionales más empleados para mejorar el crecimiento de los animales. La bacitracina es un antibiótico polipeptídico producido por el *Bacillus subtilis*, cultivado en medios que contienen triptona o proteínas hidrolizadas. La bacitracina tiene un peso molecular aproximado de 1.460 y su fórmula empírica es $C_{66}H_{103}N_{17}O_{16}S$. Entre sus componentes se han identificado amoniaco, ácido aspártico, cisteína, ácido glutámico, histidina, leucina, isoleucina, lisina y fenilalanina. Es soluble en agua, etanol y metanol. Es menos estable que otros antibióticos y su destrucción dentro del aparato digestivo explica por que en algunos estudios no se observó estímulo alguno al crecimiento. La forma más estable es la bacitracina de zinc. (Maynard, 1979).

La bacitracina-zinc es principalmente bactericida para las bacterias gram(+) incluyendo organismos penicilinoresistentes.

Es un polvo amarillo e hidrosoluble, ligeramente oscuro, estable a un PH de 5 a 7, a la temperatura de 4 °C; a temperatura ambiente pierde su actividad en 2 semanas o menos. El jugo gástrico no la destruye; los agentes oxidantes la inactivan. Se absorve mal en el intestino y en las heridas.

Una unidad de bacitracina zinc equivale a 26 mg de fármaco estandar. Cada miligramo del antibiótico debe poseer no menos de 40 unidades.

Mecanismo de acción: parece actuar como agente quelante, además de producir la acumulación de nucleótidos precursores de la formación de la pared celular bacteriana, por lo que se inhibe su síntesis. Es un antibiótico particularmente disponible para la inclusión en las raciones como estimulante del crecimiento, ya que tiene poca tendencia a producir resistencia bacteriana y no se absorbe por el tracto digestivo, por lo que no produce residuos en la carne destinada al consumo humano.

Toxicidad: la bacitracina es marcadamente nefrotóxica, produce proteinuria, retención de nitrógeno y hematuria, esto cuando es administrada por vía oral (Merino,1974; Pharmaceutical Press,1988 y Vargas, 1991).

La tendencia actual en el uso de promotores de crecimiento (ergotrópicos), es emplear antimicrobianos exclusivos para veterinaria, como el caso de los llamados ionóforos que no tienen aplicación en medicina humana (Chen y Wollin, 1980; Raun et al, 1974; Simpson et al, 1976), y dentro de estas sustancias se eligen a las que no tiendan a acumularse en los tejidos animales (Fevrier et al, 1955; Sumano y Ocampo, 1987). Con esto, se pretende reducir la posibilidad de generar enfermedades bacterianas multiresistentes en el hombre y los animales, efecto éste que de cualquier manera se ha postulado que no es grave con las sustancias utilizadas (Cook, et. al. 1972).

1.6 Objetivos.

1.6.1 Objetivo general.

Por todo lo anteriormente dicho, en el presente trabajo se planteó el objetivo de conocer el efecto promotor de crecimiento de la bacitracina-zinc sobre los híbridos de *Oreochromis mossambicus*.

1.6.2 Objetivos particulares.

1º Determinar si la Bacitracina Zinc es una sustancia promotora del crecimiento de *Oreochromis mossambicus*.

2º Probar que la Bacitracina Zinc es inocua para la tilapia (*Oreochromis mossambicus*).

3º Determinar cual de las tres dosis administradas, es la más efectiva como promotora del crecimiento.

1.7 Hipótesis de trabajo.

Los peces alimentados con una dieta balanceada adicionada con Bacitracina Zinc aumentarán de peso más rápidamente que aquellos a los que no se dió alimento complementado.

2. ANTECEDENTES

Los constantes esfuerzos para producir alimentos de origen animal para el hombre, cada vez en forma más eficiente y al costo más bajo posible, han estimulado la búsqueda de las mejores combinaciones entre los nutrientes ya conocidos y el desarrollo de nuevos aditivos que puedan incrementar la eficiencia, grado de crecimiento y el nivel de producción de los animales. Estos esfuerzos han conducido actualmente al uso de antibióticos, hormonas y otras sustancias químicas para la producción animal. (Maynard, 1979).

Los peces en crecimiento dentro de un cultivo intensivo necesitan una dieta complementaria dependiendo del trofismo y de la productividad del estanque, ya que no es suficiente el alimento natural, sobre todo en la época de engorda y surge la necesidad de distribuir a los peces alimento complementario (Anónimo, 1986).

A pesar de la gran cantidad de trabajos realizados con antibióticos en otras especies animales para lograr un incremento en la ganancia de peso, en peces existe muy poca información tanto a nivel mundial como nacional al respecto.

Algunos autores han probado dietas naturales distintas para mejorar el crecimiento de las tilapias, sin embargo, no han utilizado promotores de crecimiento como complemento de la dieta. Entre otros tenemos que:

Yashouv y Chervinski (1960), evaluaron varios alimentos para el cultivo de *Tilapia nilotica*, empleando una diversidad de ingredientes, en una de sus pruebas usaron semillas de algodón y se obtuvo un incremento diario de 1 g.

Lizarraga (1976), menciona la utilización de sorgo y alfalfa en la alimentación de las tilapias, determinando mayor crecimiento en los organismos alimentados con sorgo.

Huerta (1978), determina el aprovechamiento de la semilla de zaragatona y de la soya, en el crecimiento de *T. nilotica*, obteniendo resultados óptimos de crecimiento y aprovechamiento.

Guerrero (1980), diseñó 4 dietas para cultivar *Tilapia nilotica*, empleando harina de pescado, salvado de arroz, harina de copra y harina de hojas Ipil-Ipil, en diferentes proporciones. Encontró que éstas dietas son convenientes, eficientes y económicas.

Castrejón (1982), probó 3 dietas distintas, alfalfa con salvado de trigo, alimento para vaca con salvado de trigo y albamex; los organismos alimentados con albamex presentaron mayor crecimiento en peso y talla, sin embargo, este alimento resulto de baja calidad.

Mojica et. al. (1982), usaron 3 diferentes dietas, 2 de las cuales fueron hechas manualmente empleando cultivos agrícolas y la otra fue alimento comercial balanceado (albamor). No se encontraron diferencias significativas entre las 3 dietas, sin embargo, cabe mencionar que el albamor es el doble de caro.

Posteriormente otros autores han empleado en sus dietas algunos promotores de crecimiento.

Entre otros trabajos encontramos que Robinson (1951), menciona que la niacina es esencial para la engorda de juveniles de trucha arcoiris (*Salmo gairdneri*), y que en ausencia de esta vitamina los peces presentaban una inflamación de las branquias.

Hashimoto (1953), probó positivamente el efecto de los antibióticos y de la vitamina B₁₂ como suplementos alimenticios en el crecimiento de la carpa.

Aoe et. al. (1967). encontraron que para la carpa los niveles de niacina que favorecen el crecimiento son de 2.8 mg por 100 g de alimento o de 0.55 mg diarios por Kg de peso corporal de los organismos.

Por otro lado Andrews y Mural (1978), reportan que para la engorda de bagre es necesario adicionar 14 mg de niacina a un kg de alimento.

Parova y Tejnora (1982). probaron el nitrovin como promotor de crecimiento en la producción de la carpa.

Gatlin y Wilson (1986). reportan que el requerimiento diario mínimo del cobre en la dieta del bagre fue de 0.5 mg por Kg de alimento y que una dosis de 0.1 mg de sulfato de cobre por litro en la trucha resultó tóxico.

Mabaye (1971), no encontró que la penicilina ejerciera un incremento en el crecimiento de *S.mossambicus* cuando este medicamento se añadió a la dieta.

Viola y Arieli (1987), emplearon promotores de crecimiento no hormonales en el crecimiento de tilapias y carpas.

En México. la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia viene realizando desde 1989 una línea de investigación relacionada con el uso de aditivos en la alimentación de los peces, enfocándose principalmente a las carpas y a las tilapias por ser dos de las especies más cultivadas y explotadas en este país.

Arce (1989), menciona que en condiciones de acuario una dosis de 100 mg de ácido nicotínico por kg de alimento dió buenos resultados como promotor de crecimiento en híbridos de *Oreochromis mossambicus*.

Cervantes (1990), reportó un rendimiento favorable en dosis de 50 mg de nitrovin por kg de alimento en carpas (*Cyprinus carpio var.communis*). Esto en condiciones de acuario.

Guzmán (1990), probó el ajo (*Allium sativum*) como promotor de crecimiento en tilapia (*Oreochromis mossambicus*) reportando que una dosis de 200 mg de ajo por kg de alimento logra buenos resultados en la ganancia de peso. Esto a nivel de acuario.

Posteriormente en 1991, Rojas empleó de igual forma el ajo (*Allium sativum*), pero a dosis parasiticidas como promotor de crecimiento sobre *Oreochromis sp.*

Leo (1991), realizó estudios preliminares del efecto de la virginiamicina como promotor de crecimiento, y encontró que una dosis de 16 mg del medicamento por 300 g de alimento lograban un buen incremento de peso en *Oreochromis mossambicus*.

Velázquez (1991), encontró que la bacitracina no tiene efectos satisfactorios en la promoción de crecimiento en Tilapia con las siguientes dosis: 100, 125 y 150 mg de bacitracina por kg de alimento y en condiciones de acuario.

Salas (1991), evaluó el efecto promotor de crecimiento del extracto de hígado de bovino sobre los híbridos de *Oreochromis sp.*

Vargas (1991), halló que la bacitracina zinc no ejerció su efecto como promotor de crecimiento en tilapia híbrida (*Oreochromis sp*)

en condiciones de acuario y con las siguientes dosis: 100, 125 y 150 mg por Kg de alimento. Asimismo recomienda bajar las dosis y mejorar las condiciones generales del bioensayo para lograr resultados positivos.

Bernal (1991), menciona que una dosis de 37.5 mg de sulfato de cobre produce un cierto incremento en el peso de la tilapia híbrida (*Oreochromis sp*) a pesar de que no encontró diferencias estadísticamente significativas con respecto al grupo control y a las otras dosis.

Por último, Basurto (1992), realizó una evaluación del nitrovin como promotor de crecimiento en tilapia híbrida (*Oreochromis sp*).

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Selección y aclimatación de los organismos.

Se utilizaron 40 individuos machos híbridos de tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *O. hornorum*), procedentes del Centro Acuícola de Zacatepec, Morelos. Los cuales presentaron un peso inicial promedio de 4.33 gramos.

Los peces se mantuvieron en aclimatación durante 3 días y se trataron con ajo fresco molido en dosis de 200 mg/l (8g/40 l), con objeto de eliminar nemátodos, ectoparásitos y focos primarios de hongos. Durante estos tres días se realizaron cambios diarios de agua. (Mojica, 1978).

Una vez cumplido el período de aclimatación, la población se agrupó al azar en cuatro grupos o lotes, los cuales se distribuyeron en 4 acuarios colocando en cada uno 10 animales, con biomasas iguales obtenidas mediante el pesaje basal individual y un análisis de Bartlett de homoscedasticidad. Los individuos se colocaron en acuarios de 40 litros de capacidad con agua de clorada (por medio de tiosulfato de Na), provistos de un aireador Hagen que alimentó 2000 ml de aire por minuto y calentadores Aquarama de 25 watts que mantuvieron la temperatura del agua entre 21 y 24 grados centígrados.

Los peces se alimentaron con una dieta balanceada preparada especialmente para cubrir los requerimientos de la especie. (Fragoso, 1990). Ver tabla 1.

La composición porcentual de los ingredientes fue la que a continuación se muestra en la tabla 1:

INGREDIENTES	%
Harina de carne	15
Harina de pescado	20
Soya	15
Sorgo	30
Suero de leche	10
Girasol (semilla)	5
Vitaminas y minerales	3
Ligante (almidón precocido)	2
TOTAL	100
Proteína cruda	35
Extracto etéreo	3.56
Fibra cruda	2.72

Tabla 1.- Composición porcentual y calculada del alimento empleado en el bioensayo de acuerdo a las necesidades nutricionales de la especie. Fuente: (Anónimo,1983 y Lovell,1988).

3.2 Diseño del bioensayo.

Una vez aclimatados los peces, se les administraron los siguientes tratamientos:

Lote 1: Alimento suplementado con 1.25 mg de bacitracina-zinc/250 gr de alimento.

Lote 2: Alimento suplementado con 2.50 mg de bacitracina-zinc/250 gr de alimento.

Lote 3: Alimento suplementado con 5.00 mg de bacitracina-zinc/250 gr de alimento.

Lote 4: Sin suplementación de antibiótico en el alimento (control).

La bacitracina-zinc, en sus diferentes concentraciones se mezcló con el alimento previamente molido añadiendo agua suficiente para formar una pasta con la que se hicieron los pellets.

Se usó un tipo de bacitracina de zinc¹ al 10% que es la presentación comercial y que se recomienda sea mezclada en el alimento a razón de 0.10 Kg a 0.5 Kg por tonelada.

Diariamente se les administró el alimento a razón del 3 por ciento de la biomasa de cada lote, dividido en dos raciones que se dieron en la mañana y en la tarde.

Cada ocho días se realizó un cambio parcial de agua (extracción de restos de alimento y excretas) aproximadamente 10 litros de agua de cada acuario, los cuales fueron llenados al volumen original con agua limpia y clorada.

Cada quince días se obtuvieron los pesos individuales, para registro de curva de crecimiento (diez réplicas), para este propósito se utilizó una balanza OHAUS de 311 g de capacidad y 0.01 g de precisión.

Antes de cada pesaje, los peces fueron anestesiados con alcohol étilico de 96 grados en cantidad de 95 ml/l, logrando 30 segundos de inmovilización por un minuto de inmersión en el alcohol. (Castañera, 1989).

¹ La bacitracina-zinc fue proporcionada por la Corporación Industrial REKA S.A. de C.V.

El marcaje se realizó de acuerdo a un mapeo previo establecido (Fig. 1) mediante la inyección intracutánea de tinta india.

El mismo día del pesaje se aprovechó para hacer la práctica sanitaria a los acuarios (cambio total de agua y lavado de acuarios).

El bioensayo duró 12 semanas, al cabo de las cuales se tabularon todos los datos registrados para graficación con los valores absolutos y valores relativos.

Una vez obtenidos los valores antes mencionados se procedió a calcular el índice de conversión alimenticia así como la eficiencia bruta (cuadro 2):

$$ICA = \frac{\text{cantidad de alimento suministrado}}{\text{incremento en peso poblacional}}$$

$$EB = \frac{1}{ICA}$$

Por último se elaboró un análisis de costos para calcular la rentabilidad empleando el promotor en la dieta. (cuadro 7).

3.3 Análisis histopatológico.

Al finalizar el bioensayo se sacrificaron 2 animales por lote, se llevó a cabo la necropsia y la toma de muestras para el procesamiento histológico con inclusión en parafina y tinción de Hematoxilina y Eosina, para ver el número de células heterófilas en vellosidades intestinales. (contando 10 vellosidades y sacando el promedio, se realizaron 3 observaciones

independientes) observando si hubo lesiones en otros órganos que pudieran deberse al medicamento.

3.4 Manejo Estadístico de Resultados.

Se realizó un análisis de Kruskal Wallis, para comprobar las diferencias entre grupos con valores ordinales (Rangos) dado que se homogeneizaron los pesos basales por medio de una conversión a valores porcentuales y posteriormente se hicieron análisis de U de Mann Whitney, para medias pareadas ordinales con objeto de definir que contrastes daban la diferencia.

Para comprobar con valores absolutos estos resultados, se elaboró un análisis de Varianza (ANOVA), considerando el efecto de la regresión (Efecto de peso inicial) en los pesos finales.

4. RESULTADOS

4.1 Incremento en peso.

El grupo tratado con 5.00 mg de bacitracina-zinc (lote 3), obtuvo la mejor ganancia de peso, siendo de 126.19 g en valores absolutos y de 285.85% en valores relativos. (cuadro no. 1).

El grupo tratado con 1.25 mg (lote 1), obtuvo una ganancia de peso en valores absolutos de 124.48 g y de 271.96 % en valores relativos logrando la segunda mejor ganancia de peso después del lote 3. (cuadro no. 1).

Comparando estos dos lotes (1 y 3), que fueron los que alcanzaron una mayor ganancia de peso, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas a la Prueba de U de Mann Whitney ($P > 0.10$), como puede observarse en el cuadro no. 4. Pero al comparar estos dos lotes con el grupo control, sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas a la prueba de U de Mann Whitney.

El grupo tratado con 2.5 mg de bacitracina-zinc (lote 2), obtuvo la menor ganancia de peso alcanzado: 100.02 g en valores absolutos y 219.14% en valores relativos. Al comparar, este lote con los lotes 1 y 3 se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.01$) en favor de los lotes 1 y 3. (cuadros 1 y 4).

El grupo testigo (lote 4) obtuvo una mejor ganancia de peso que el grupo tratado con 2.5 mg de bacitracina-zinc (lote 2), alcanzando una ganancia en valores absolutos de 92.41 g y de 243.56% en valores relativos. Entre estos dos grupos hubieron diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo testigo ($P < 0.09$). (cuadros 1 y 4).

4.2 Análisis histopatológico.

Tanto en la muestra del lote control como en las de los tratados se observó esteatosis hepática generalizada; en el riñón de todos los lotes se observó degeneración parenquimatosa, calcificaciones metastásicas y cilindros cálcicos; en el riñón del lote 2 y 3 se observaron algunas inclusiones eosinofílicas intracitoplasmáticas en epitelio renal.

Al realizarse el conteo de células heterófilas (en 10 vellosidades intestinales), el mayor número de éstas se encontró en el lote (4) con 12 células, seguido de los lotes 1 (1.25 mg) con 10 células; lote 2 (2.50 mg) con 6 células y finalmente el lote 3 (5 mg) que al igual que el lote 2 tuvo 6 células heterófilas. (cuadro no. 6).

5. DISCUSION

Observando los resultados obtenidos, se ve claramente que los lotes 1. (1.25 mg.) y 3 (5 mg.), fueron los que presentaron una mejor respuesta en la ganancia de peso.

Estos resultados concuerdan con otros trabajos realizados en otras especies (aves de corral, porcinos, conejos, becerros, etc.) y que recomiendan el uso de la bacitracina-zinc como un buen promotor de crecimiento; sin embargo, los trabajos realizados anteriormente en peces (*Oreochromis* sp.) usando la bacitracina y la bacitracina-zinc como promotor de crecimiento, indican que este antibiótico no es un buen promotor ya que no se observó ningún efecto positivo en la ganancia de peso. (Velázquez 1991 y Vargas 1991). Probablemente esto se debió a factores como el estrés y al poco control de la temperatura.

Selye (1973), menciona que una serie de cambios morfológicos, bioquímicos y fisiológicos se producen como resultado del stress. Estos cambios reciben el nombre de Síndrome General de Adaptación y en general son marcadamente similares, independientemente del tipo de agente estresante, como por ejemplo, anoxia, cambios bruscos de temperatura, Injurias por manipuleo, infecciones, etc. (Imprenta Universitaria U.A.E.M., 1982).

Con el propósito de eliminar el efecto del estrés sobre el crecimiento, en el presente trabajo se empleó un agente anestésico (alcohol etílico de 96° G.L.), que redujó considerablemente el movimiento de los peces durante la manipulación (marcaje y pesaje), reduciendo el estrés y por lo tanto evitando una pérdida excesiva de peso. En los trabajos anteriores no se empleó ningún agente anestésico. (Castañeda, 1989 e Islas, 1990).

Para reducir aún más el estrés, el pesaje y el marcaje así como la limpieza general de los acuarios se realizó cada 15 días y no cada 8 días como se hacía en los bioensayos anteriores.

Para evitar la pérdida de peso debida a fluctuaciones en la temperatura, se usaron calentadores que la mantenían por arriba de los 23 grados centígrados. En los trabajos anteriores se manejó la temperatura ambiente. Esto es importante porque el bioensayo se realizó en invierno y la temperatura del agua durante esta época puede descender de manera considerable para la tilapia.

El lote control obtuvo una mejor ganancia de peso que el lote 2, que contenía la concentración media de bacitracina-zinc (2,5 mg.). Esto tal vez se debió a que el acuario del lote 2, estaba más expuesto al paso de la gente y a un mayor estrés en general que el lote 4. (Dominic, 1979).

Siguiendo las recomendaciones de Velázquez, 1991 y Vargas, 1991, las dosis de bacitracina-zinc se redujeron de 100, 125 y 150 mg/Kg a 5, 10, 20 mg/Kg y se administraron de igual manera durante 12 semanas, debido a que la adición de antibióticos en el alimento de peces criados artificialmente se debe realizar por un corto período de tiempo para evitar efectos tóxicos.

En general, se recomienda el uso de promotores de crecimiento en la etapa de crecimiento rápido del animal, sin embargo, los resultados nos muestran que bajo las condiciones del presente bioensayo, los peces más grandes (con un mayor peso basal) alcanzaron una mayor ganancia de peso, excepto en el lote control comparado con el lote 2 y que se mencionó anteriormente. (cuadro no. 1).

La cantidad de trabajos realizados con bacitracina-zinc en otras especies, sobre todo en aves de engorda, es muy grande y son muy pocos los trabajos en los cuales no se ha encontrado un efecto positivo de la bacitracina-zinc como un buen promotor de crecimiento y además en muy pocas ocasiones se han reportado casos de toxicidad debida al antibiótico. (Rosen, 1981, 1983 y 1989; Guerrero, 1967; Harenza, 1979; Slanik, 1972; Oguntona, 1988; Choi, 1987; Stutz, et. al. 1983; Daghighian y Waibel

1982; Soriano et. al. 1985; King, 1980; Griffin, 1980; Frantl et. al. 1971; y Ripley, 1979).

Con respecto a la lesión hepática hallada, ésta es constante en peces mantenidos con dietas que cubren las necesidades nutricionales de la especie y que se tienen bajo condiciones de acuario, debido a que no gastan tanta energía por lo que carbohidratos y proteínas se almacenan como grasas aunado al aporte lipídico de la dieta. (Dominic, 1979 y Roberts, 1981).

La lesión renal de degeneración turbia y su extremo (degeneración hidrópica) es también debida a exceso en el consumo de proteínas y es una variable común en todos los lotes, por lo que se atribuye como lo anterior al alimento y no al tratamiento.

Las calcificaciones metastásicas y los cilindros cálcicos son lesiones comunes en peces de aguas muy alcalinas; la única lesión atribuible al tratamiento, es la de las inclusiones eosinofílicas en el epitelio renal. Roberts 1981, dice que se deben a metales pesados, por lo que es factible que el zinc produzca esta lesión como lo reporta Vargas,(1991).

Es conveniente diseñar un bioensayo posterior, encaminado a la evaluación del efecto de este metal comparativamente con el promotor sin el zinc, con objeto de determinar hasta que punto es conveniente la adición del zinc como estabilizador del antibiótico, tanto económicamente como en lo que se refiere a la toxicidad y acumulación del Zn en los tejidos, sobre todo en el tejido muscular.

Referente al número de células heterófilas en Intestino, los resultados coinciden con los encontrados en trabajos anteriores (cuadro no. 6) y estos resultados apoyan el hecho de que el uso de antibióticos provoca una mejoría en la absorción de los nutrimentos en el aparato digestivo favoreciendo la presencia de paredes intestinales más delgadas y más sanas. (Church, 1987).

Cabe mencionar que durante el bioensayo no hubo ningún caso de mortalidad y esto apoya el hecho de que la bacitracina-zinc no resultó letalmente tóxica a las dosis empleadas, aunque sí pudo haber causado una lesión primaria.

Por todo lo anterior, se recomienda que esta línea de investigación se continúe y que se sigan probando no sólo la bacitracina-zinc sino también otros tipos de promotores de crecimiento, mejorando las condiciones de laboratorio y controlando de manera más eficiente las variables que pudieran afectar el desarrollo del bioensayo como luz, temperatura, pH, tiempo de duración del experimento, talla y cantidad de peces, control del alimento y, aditivos, uso de mejores anestésicos, presencia de metales tóxicos (plomo, cobre, cromo, hierro, zinc, manganeso, etc.).

También se aconseja probar la bacitracina-zinc en condiciones reales de cultivo, para ver si efectivamente hay efectos reales del antibiótico a nivel de un cultivo extensivo y comercial.

Es importante hacer notar que los trabajos previos sobre este tema en peces son muy escasos tanto a nivel de acuario como a nivel de cultivo comercial, por lo tanto, estos resultados positivos con bacitracina-zinc pueden constituir una buena base y estímulo para trabajos posteriores, que permitan confirmar y mejorar el uso de este antibiótico como un buen promotor de crecimiento en tilapias. Además de que también se pueden extrapolar estos resultados positivos en otras especies más rentables como por ejemplo en trucha.

Por otro lado, estudios histopatológicos previos al bioensayo servirían como punto de comparación al terminar el bioensayo y poder observar si los cambios histológicos se deben al uso del promotor o si ya antes existía algún tipo de lesión.

6. CONCLUSIONES

- La bacitracina-zinc tiene efectos satisfactorios en la promoción de crecimiento en crías de tilapia (*Oreochromis mossambicus*) en condiciones de acuario.
- La dosis óptima encontrada fue de 1.25 mg de bacitracina-zinc por 250 gramos de alimento, ya que esta concentración que es la más baja presentó los mismos resultados positivos que la concentración de bacitracina-zinc mayor (5 mg/250 g).
- La bacitracina-zinc es inocua para la tilapia (*Oreochromis mossambicus*) a las concentraciones utilizadas.
- El estrés y la temperatura son dos factores muy importantes que afectan la ganancia o pérdida de peso en condiciones de acuario.
- Debido al costo de los antibióticos y tomando en cuenta su eficiencia en la alimentación de peces y otras especies, es conveniente realizar más pruebas que nos den a conocer de manera más precisa los niveles mínimos necesarios de antibiótico.

7. FIGURAS

DERECHO

IZQUIERDO 36

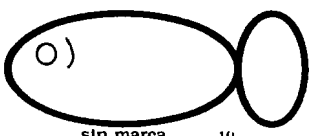
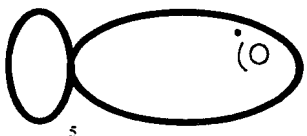
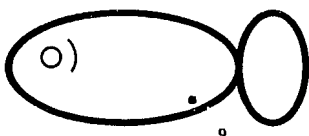
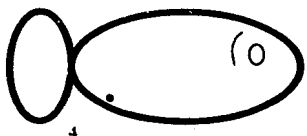
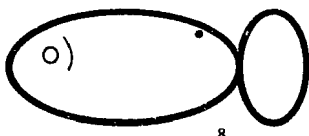
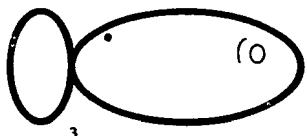
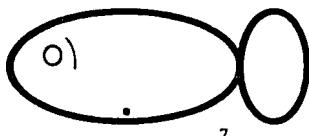
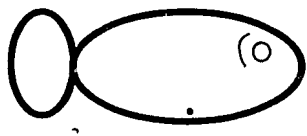
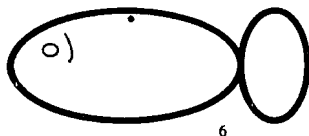
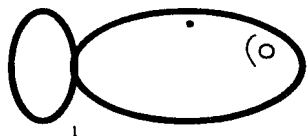


Figura 1.- Mapeo de marcado.

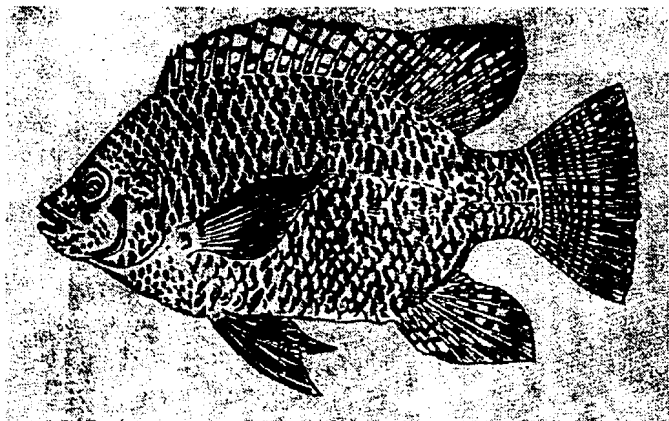
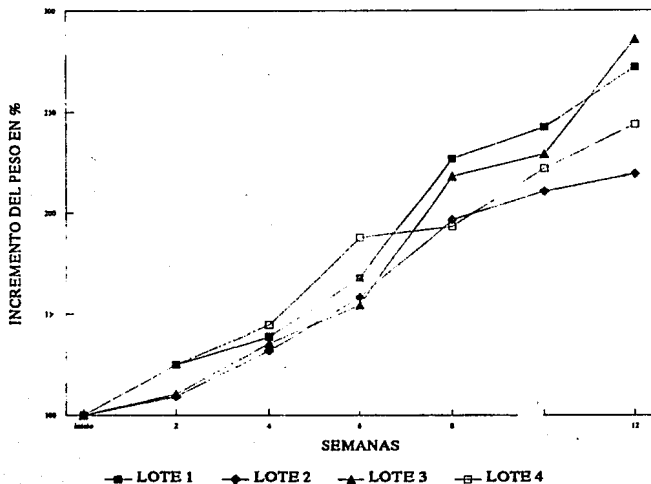
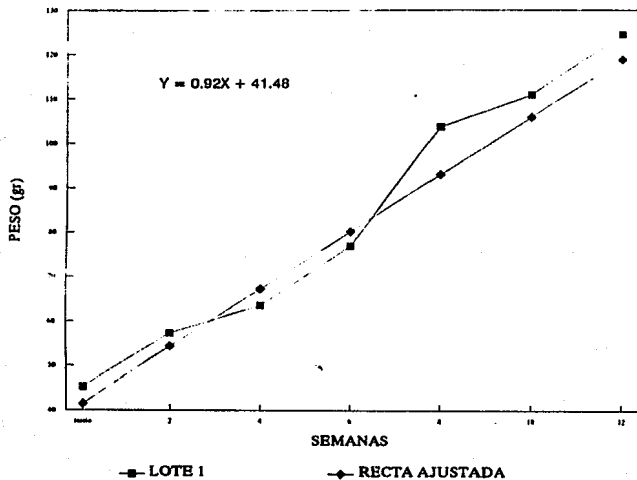


Figura 2.- Morfología externa del género Oreochromis sp.

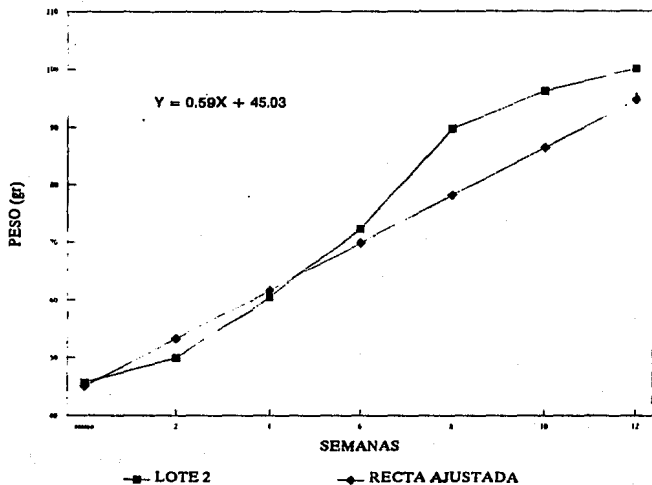
8. GRAFICAS



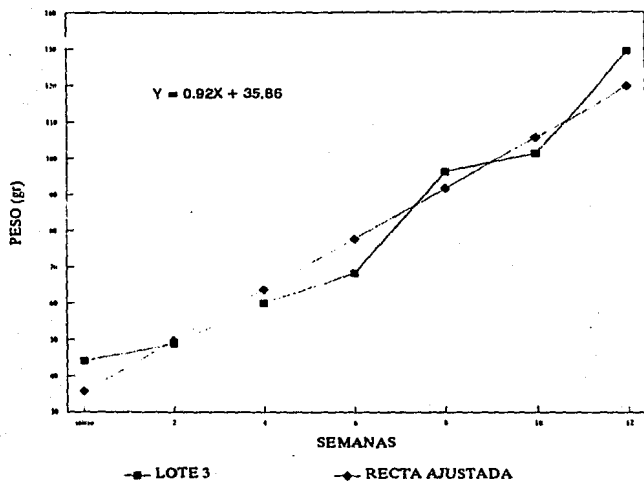
Gráfica 1.— Incrementos porcentuales del peso de los organismos tratados con bacitracina-zinc. Se puede observar que el tratamiento 3 es el que alcanzó un mayor incremento, siendo este de 287.82% a diferencia de los tratamientos 1, 2 y 4, los cuales alcanzaron un incremento de 271.96%, 219.14% y 243.56% respectivamente.



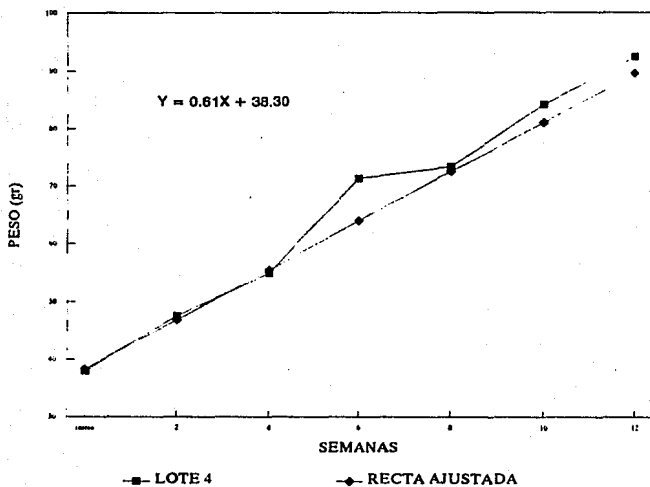
Gráfica 2.— Curva de regresión correspondiente al lote 1, con 1.25 mg de bacitracina-zinc por 250 gr de alimento.



Gráfica 3.— Curva de regresión correspondiente al lote 2, con 2.50 mg de bacitracina-zinc por 250 gr de alimento.



Gráfica 4.- Curva de regresión correspondiente al lote 3, con 5.0 mg de bacitracina-zinc por 250 gr de alimento..



Gráfica 5.- El lote 4 presenta una curva de regresión que corresponde al lote control, el cual no tenía suplementación de antibiótico en el alimento.

9. CUADROS

Día	Lote 1		Lote 2		Lote 3		Lote 4	
	(abs) (g)	(rel) (%)	(abs) (g)	(rel) (%)	(abs) (g)	(rel) (%)	(abs) (g)	(rel) (%)
1	45.32	100.00	45.64	100.00	44.15	100.00	37.94	100.00
15	57.32	125.23	49.96	109.46	48.84	110.62	47.52	125.25
30	63.58	138.91	60.42	132.38	59.97	135.83	54.86	144.59
45	76.82	167.83	72.23	158.26	68.17	154.40	71.22	187.71
60	103.78	226.74	89.67	196.47	96.24	217.98	73.29	193.17
75	110.92	242.34	96.14	210.64	101.13	229.06	84.18	221.87
90	124.48	271.96	100.02	219.14	126.19	285.82	92.41	243.56

Cuadro no. 1.- Ganancia de peso cada 15 días, con valores absolutos (abs.) y relativos (rel.).

Grupo	ICA	EB%
1	2.42	41.32
2	3.18	31.44
3	2.13	46.94
4	2.83	35.33

Cuadro no. 2.- Índice de Conversión alimenticia y eficiencia bruta de los tratamientos.

Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4
259.95 (25)	232.50 (13)	293.54 (32)	242.58 (17)
305.79 (33)	220.28 (10)	258.23 (23)	162.15 (2)
286.11 (30)	247.58 (19)	258.21 (22)	317.41 (39)
254.98 (21)	174.30 (3)	310.54 (37)	252.35 (20)
263.41 (27)	205.26 (7)	261.31 (26)	242.09 (16)
258.65 (24)	234.10 (14)	306.45 (34)	244.08 (18)
327.17 (40)	228.06 (12)	313.79 (38)	279.14 (29)
239.08 (15)	184.32 (5)	308.00 (36)	289.47 (31)
265.00 (28)	226.35 (11)	307.69 (35)	177.28 (4)
214.79 (79)	199.33 (6)	205.50 (8)	161.97 (1)
$\sum r_1$ 252.00	$\sum r_2$ 100.00	$\sum r_3$ 291.00	$\sum r_4$ 177.00
$H=12/N(N+1)\sum(r_i)^2 - 3(N+1)=15.66$ $P<0.005$			
Cuadro no. 3.- Analisis de Varianza de Krushkal Wallis, para los cuatro lotes; valores expresados en porcentaje.			

Comparación	Z	(área bajo la curva)	
Lote 1 vs lote 2 (1.25 vs 2.5 mg)	-3.25	0.01*	pro 1
Lote 1 vs lote 3 (1.25 vs 5.0 mg)	-1.05	0.15	
Lote 1 vs lote 4 (1.25 mg vs control)	-1.36	0.09*	pro 1
Lote 2 vs lote 3 (2.5 vs 5.0 mg)	-3.32	0.01*	pro 3
Lote 2 vs lote 4 (2.5 mg vs control)	-1.36	0.09*	pro 4
Lote 3 vs lote 4 (5.0 mg vs control)	-2.11	0.02*	pro 3

*** Hay diferencias estadísticamente significativas.
P<0.10>0.05**

Cuadro no. 4.- Prueba U de Mann Whitney, realizada para los cuatro lotes y donde se observa que el lote 1 y 3 son los que dan la diferencia más significativa.

Fuente de variación	Suma de cuadrados S.C.	Grados de libertad g.l.	Cuadrado medio S.C./g.l.	Fc C.M/C.M. error
Regresión	15,211.95	3	5,070.65	220.10 > 3.01
Dentro (error)	552.89	24	23.03	1
Entre grupos (tratamiento)	114,628.52	3	38,209.50	1,658.61 > 3.01
TOTAL	16,372.50	27	606.38	26.32

Ft = 3.01

Cuadro no. 5.- Analisis de Varianza considerando la regresión en los cuatro lotes.

Lote	* # de células Heterófilas (bacitracina-zinc)	** # de células Heterófilas (bacitracina)	# de células Heterófilas (bacitracina-zinc + anestesia)
4	10(control)	10(control)	12(control)
1	3(100mg/Kg)	96(100mg/Kg)	10(1.25mg/250gr) (5mg/Kg)
2	5(125mg/Kg)	10(125mg/Kg)	6(2.50mg/250gr) (10mg/Kg)
3	12(150mg/Kg)	10(150mg/Kg)	6(5.00mg/250gr) (20mg/Kg)

* Tomado de Vargas, 1991.

** Tomado de Velazquez, 1991.

Cuadro no. 6.- Comparación del número de células heterófilas (10 vellosidades) de peces tratados con bacitracina-zinc sin anestesia, bacitracina-zinc + anestésico y solamente bacitracina. Se realizaron 3 observaciones independientes para 2 peces de cada lote.

1 kg de alimento (purina)	\$ 3,500.00
1 kg de Tilapia (mercado)	\$ 6,000.00
Talla comercial (México) a) cultivo intensivo b) cultivo semi-intensivo *	150 g 5 meses 6 meses
1 kg de Tilapia consume	30 g de alimento/día 900 g de alimento/mes
900 g de alimento cuestan	\$ 3,000.00 aprox.

* Por lo tanto si se ahorra un mes en lograr la talla comercial, se estarán ahorrando \$ 3,000.00 por kg.

Cuadro n.º. 7.- Análisis de costos.

10. REFERENCIAS

Aguillera, H.P. y P. Noriega. 1985. La Tilapia y su Cultivo. FONDEPESCA-México. 59 pp.

_____ 1985. ¿Que es la Acuicultura?. FONDEPESCA-México. 57 pp.

Anónimo. 1982. Manual de operación y control para una unidad de producción de Tilapia. Secretaría de Pesca-México. 119 pp.

Anónimo. 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press. Washington, D.C. 102 pp.

Anónimo. 1986. Piscicultura de Agua Dulce (Manual Recetario). Secretaría de Pesca-México. 461 pp.

Anónimo. 1987. Nutrición en Acuicultura I. Ed. Espinoza y Labarta. Madrid. 303 pp.

Anónimo. 1988. Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. Secretaría de Pesca-México. 202 pp.

Arce, M. 1989. Efecto del Acido Nicotínico sobre el Crecimiento en Híbridos de *Oreochromis mossambicus*. (Peter, 1852). x *O. hornorum* (Trewavas, 1983), (Pisces: Cichlide). Tesis de licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 18 pp.

Auró, A. y M. Fragoso, 1990. Memorias del curso sobre cría de Langostino malásico y mojarra tilapia. Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M. México. 83 pp.

Basurto, E. 1992. Evaluación del nitrovin como promotor del crecimiento en tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.). Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 23 pp.

Bernal, A. 1991. Evaluación del efecto promotor del crecimiento del sulfato de cobre en tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.). Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 25 pp.

Castañeda, R. S. 1989. Utilización del alcohol etílico de 96° G.L. para provocar inmovilización de tilapia (*Tilapia hornorum*). Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM México.

Cervantes, M. 1990. Efecto del nitrovin en el crecimiento de carpas (*Cyprinus carpio* var. *communis*). Tesis de Licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias, U.N.A.M., México 26 pp.

Choi, J.H. and S. Ryu. 1987. Responses of broilers to dietary zinc bacitracin at two different planes of nutrition. Korea. British Poultry Science. 28(1): 113-118.

Church, D. C. 1980. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Practical Nutrition. USA. 36-41 pp.

_____ 1987. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa. México. 259-264 pp.

Daniel, W. 1990. Bioestadística. Ed. Limusa-Noriega. México. 533- 539 pp.

Dominic, J. 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. University of Stirling, Scotland. 174 pp.

Egular, R. e I. Hernández. 1978. Crecimiento en estanques de cemento y de tierra de tres especies del género *Tilapia*. Rev. Lat. Acuí., México, D.F. 11: 6-9.

Foster, W. H. 1972. A practical evaluation of five food additives likely to be used as growth promoters in broiler rations. Great Britain. British Poultry Science, 13: 123-131.

Franti, et. al. 1971. Antibiotic growth promotion: Effects of zincbacitracin and oxytetracycline on the digestive, circulatory, and excretory systems of New Hampshire cockerels. U.S.A. Poultry Science, 51: 1137-1145.

Fry, F. 1971. The effect of environmental factors on physiology of fish. In: Fish Physiology. Hoar, W. and D. Randall, (Eds.) Vol. VI. Academic Press, New York. 1-98 pp.

Gatlin, D. and R. Wilson. 1986. Dietary copper requirement of fingerling channel catfish. Aquaculture, 54: 277-285.

Gómez, M. 1992. Manual de técnicas básicas para el análisis y determinación de la edad y el crecimiento en peces. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M. México. 78 pp.

Guzmán, L. 1990. Efecto del ajo (*Allium sativum*) como promotor de crecimiento en tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Tesis de licenciatura en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM, México. 28 pp.

Griffin, R. M. 1979. The response of cage-reared broiler cockerels to dietary supplements of nitrovin, zinc bacitracin or penicillin used singly or in paired combinations. Great Britain. British Poultry Science, 20: 281-287.

_____ 1980. The response of cage-reared cockerels to dietary medication with growth promoters I. Size and consistency of the response. England. Poultry Science, 59: 412-416.

Harenza; et. al. 1979. Eficiencia biológica de varios cuerpos compuestos de bacitracina en la cría y preengorde de Porcinos. Polonia. Biol. Chem. Vet. XV (XXI): 413-418.

Hernández: et. al. 1980. Aspectos farmacológicos del uso de promotores del crecimiento en bovinos. Departamento de Fisiología y Farmacología de la Fac. de Med. Vet. y Zoot. México. 1-35 pp.

Hernández, B. S. y J. Benítez. 1991. Uso de hormonas en la reproducción de peces. FONDEPESCA-México. 99 pp.

Imprenta Universitaria U.A.E.M. Ed. 1982. Investigación Acuícola.(Primer Informe de trabajo). Secretaría de Pesca-México. 76 pp.

Islas, R. J. 1990. Utilización de alcohol etílico de 96o G.L. para provocar inmovilización en Mollinesia (*Poecilia latipinna*), Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 19 pp.

Izat; et. al. 1989. Effects of dietary antibiotic treatment on yield of comercial broilers. USA. Poultry Science. 68: 651-655.

Jauncey, K. and B. Ross. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture University of Stirling. Scotland. 111 pp.

Jiménez: et. al. 1988. Parásitos y enfermedades de la tilapia. FONDEPESCA-México. 109 pp.

Kaemmerer, k. and J. Fink. 1979. Thermic influences on Zincbacitracin as feed additiv. Germany. Dtsh. Tierarztl. Wschr. 86: 405-409.

King, J. O. 1980. Effects of feeding zinc bacitracin on the fertility of rabbit does and the development of young rabbits. England. Br. Vet. J. (3): 136-243.

Lagler, F. et. al. 1984. Ictiología. AGT Editor, México. 489 pp.

Leo, A. 1991. Estudios preliminares de la virginiamicina como promotor de crecimiento en *Oreochromis mossambicus*; (Peters,1852). Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM, México. 34 pp.

Lovell, T. 1988. Nutrition and Feeding of Fish. Pub. by Van Nostrand Reinhold, U.S.A. 260 pp.

Maynard, L. 1979. Nutrición animal. McGraw Hill, México. 381-389 pp.

Merino, M. Ed. 1974. Farmacopea Nacional de los Estados Unidos Mexicanos 4ªed. 552-553 pp.

Mojica, S. 1987. Evaluación comparativa del efecto nematocida del ajo (*Allium sativum*), y del tartarato de amonio y potasio en tilapia (*Tilapia mossambica*). Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. U.N.A.M, México.

Oguntona, T. and K. Zubair. 1988. Response of Guinea fowl (*Numidia meleagris*) to dietary supplementation of zinc bacitracin. Nigeria. Poultry Science. 67(1): 145-148.

Pharmaceutical Press. Ed. 1988. British Pharmacopoeia. Pub. by Direction of the Council of the Pharmaceutical Society of Great Britain. Vol.I. London. 53-54 pp.

Pretto, R. 1979. Pasos a seguir en la producción de híbridos de tilapia. *Tilapia nilótica* hembra x *Tilapia hornorum* macho. Rev. Lat. Acuí. Lima-Perú. 1: 29-32.

Roberts, R. 1981. Patología de los peces. Mundi-Prensa, Madrid. 366 pp.

Rojas, E. 1991. Evaluación del efecto promotor del crecimiento del ajo (*Allium sativum*) a dosis parasiticidas en *Oreochromis mossambicus*. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 20 pp.

Rosen, G. D. 1989. Definición y cuantificación de respuesta de promotores de huevo. México. Correo Avícola. 2(3): 28-31.

Salas, M. 1991. Evaluación del extracto de hígado de bovino como promotor del crecimiento en tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.). Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México. 24 pp.

Sanchez; et. al. 1990. The influence of manipulation and anesthesia on the growth of *Oreochromis mossambicus* (Pisces, Cichlide). Impresa.

Shimada, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria de México. México. 228- 235 pp.

Soriano; et. al. 1985. Efecto de la bacitracina zinc sobre el crecimiento y microflora intestinal de pollos de engorda. México. Veterinaria México. INIP. SARH. 16(4): 257-260.

Sumano, L. H. y L. Ocampo. 1987. Farmacología Veterinaria. Mc Graw Hill. México. 184-198 pp.

Vargas, J. 1991. Evaluación de la bacitracina-zinc. como promotor de crecimiento en tilapia híbrida. (*Oreochromis* sp.). Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México.

Velázquez, F. 1991. Evaluación de la bacitracina como promotor de crecimiento en Tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.). Tesis de licenciatura Fac. de Med. Vet. y Zoot. UNAM, México.

Visek, W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. J. Anim. Sci. 46:1447-1469.

Waldroup; et. al. 1986. Response of broiler chickens to addition of zinc bacitracin to diets containing salinomycin and roxarsone. USA. Poultry Science. 65(7): 1278-1280.

_____ 1988. Response of broiler chickens to dietary supplementation with roxarsone and bacitracin methylene disalicylate in diets containig narasin. USA Poultry Science. 67(7): 103-107.

Walton, J. R. 1990. Modo de acción y aspectos de seguridad de lcs agentes promotores del crecimiento. México. Avicultura Profesional. 7(3): 101-104.