

149
rej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVALUACION DEL CRECIMIENTO EN LA TILAPIA
ROJA *Oreochromis mossambicus* (PETERS, 1852)
PROMOVIDO MEDIANTE LA ADMINISTRACION
DE 2 ESTEROIDES**

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:

DAVID SALINAS TORRES



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrin Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: Evaluación del crecimiento en la tilapia roja Oreochromis mossambicus (Peters, 1852) promovido mediante la administración de 2 esteroides.

realizado por Salinas Torres David

con número de cuenta 8427799-2 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis M. en C. Ma. Teresa Castrejón Osorio
Propietario

Propietario M. en C. Silvia Toral Almazán

Propietario Biol. Abraham Kobelkowsky Díaz

Suplente M. en C. Ma. Guadalupe Miranda Arco

Suplente Biol. Rebeca Ma. López Rivas

~~Ciudad de México, Facultad de Biología~~

~~M. en C. Alejandro Martínez Mena~~

0837

Reclamo

En lo profundo de un bosque cubierto con neblina se escucha un aullido...

Antiguamente esa era la señal de los lobos para diversas cosas: para cazar, para juntarse, etc.: ahora es un reclamo...

...un reclamo de una especie que desaparece...

...un reclamo a la crueldad e inmisericordia del hombre...

...un reclamo que cuando se deje de oír, los hombres lo extrañarán...

...un reclamo que dice cuán grande es el anhelo de vivir.

Por eso, cuando en la Tierra desaparece una especie más, los hombres pierden una gran porción del Paraíso que Dios nos entregó.

David Salinas Torres,
Marzo 1994

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	.....I
RESUMEN	.....III
I.- INTRODUCCION	.....I
II.- OBJETIVOS	.....4
III.- ANTECEDENTES	.....5
*Descripción de la Especie	.....7
IV.- METODOLOGIA	.....8
4.1 Requerimientos Generales	.....8
4.2 Lotes Experimentales	.....9
4.3 Preparación del Alimento	.....10
4.4 Tratamiento y porcentaje de alimento proporcionado	.....11
4.5 Seguimiento	.....11
4.6 Profilaxis de Acuarios	.....11
4.7 Análisis Estadísticos	.....11
V.- RESULTADOS Y DISCUSION	.....16
Longitudes, pesos promedio y porcentaje de mortalidad de:	
* grupos A	.....16
* grupos B	.....20
Distribución de tallas:	
* Grupos A	.....23
* Grupos B	.....27

* ANOVA por Crecimiento	.....31
* ANOVA por Supervivencia	.....34
* Regresión Lineal	.....38
* Ecuación de Crecimiento de von Bertalanffy	.....44
VI.- CONCLUSIONES	.....49
VII.- LITERATURA CITADA	.....51
ANEXO I	.....A

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por haberme regalado la Vida.

A mis Padres, David y Queta:
por que siempre me han guiado
con cariño y paciencia a lo largo
de mi camino.

A mis Hermanos, Fernando y
Erika:
por que sin ustedes mi vida
habría sido muy solitaria. Los
quiero.

A mi Esposa, Rebeca:
por tu amor, tu apoyo y
comprensión; y por ser la luz de
mi vida, y sobre todo, por esa
bendición tan hermosa que ya
anhelamos tener entre nosotros.
(Nuestro hijo) Te AMO².

A mi familia:
por su cariño y por sus consejos.
Y sobre todo gracias a mi Tia
Vicky por su apoyo en los
momentos difíciles que viví en mi
camino.

A mis amigos:
por que con su ayuda y compañía
este camino fue menos difícil.

A mis maestros:
por que me enseñaron las
maravillas y los secretos que
esconde la vida.

Y sobre todo al que fué y será por
siempre, mi mejor amigo, mi
primo Sergio (q.e.p.d.) por que
contigo aprendí el valor de la
amistad. Donde quiera que estés,
lo logré primo, lo logré.

A la M. en C. Ma Teresa Castrejón Osorio, por la dirección de esta Tesis, por la oportunidad de trabajar a su lado y por brindarme una bonita amistad.

A la M. en C. Silvia Toral Almazán por sus consejos para el presente trabajo y por acrecentar mi curiosidad por el mundo de los peces.

A la Biól. Rebeca Ma. López Rivas por su paciencia, consejos y por la asesoría en la parte estadística del trabajo.

A mis sinodales M. en C. Silvia Toral Almazán, M. en C. Ma. Guadalupe Miranda Arce, Biól. Abraham Kobelkowsky y a la Biól. Rebeca Ma. López Rivas por la revisión del trabajo y sus comentarios y sugerencias.

A mis compañeros del Laboratorio de Biología de la Reproducción Animal Área de Peces Teleósteos por su apoyo.

A todas las personas que de una forma u otra han colaborado en la realización del trabajo.

Resumen

En el presente trabajo se evalúa la promoción del crecimiento de crías de tilapia de la especie *Oreochromis mossambicus* variedad roja; mediante la administración de esteroides sintéticos como son el propionato de testosterona y los ésteres de testosterona de nombre comercial Sostenon y Deposterona respectivamente.

Los organismos se mantuvieron en acuarios de 104 lt. con aereación, filtros internos y temperatura controlada a $26^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ}$ con una densidad inicial de 100 organismos por 2.24 m^2 .

El alimento adicionado con hormonas se suministró en dosis de 15% del peso corporal durante 30 días.

Los resultados obtenidos mostraron que el empleo de los esteroides reduce la mortalidad durante de los primeros 45 días.

El análisis estadístico (análisis de varianza) demostró que efectivamente el crecimiento de los organismos se ve incrementado por la influencia de los esteroides administrados. Sin embargo queda en duda cuál de los 2 es el más efectivo.

Se realizaron análisis de regresión lineal y gráficas que ayudaron a determinar que el crecimiento es isométrico.

Por último se concluye que este método es adecuado para aplicar en la producción de especies de consumo, ya que acelera el crecimiento y es de un costo relativamente accesible.

1.-Introducción.

La acuicultura es considerada como una actividad del sector primario de la economía de México, esta que ya era parte del mundo prehispánico de nuestro país aunque si bien era más por motivos religiosos que por producción. Es hasta el año de 1884 que la Secretaría de Fomento decide dar más apoyo a la piscicultura y se introduce un lote de carpa común (*Cyprinus carpio* en nuestro país; posteriormente a finales del siglo pasado se introduce la trucha arco-iris (Gómez y Arenas. 1987)

En México la necesidad de hacer más productivas sus aguas continentales provocó que, en 1963, la Dirección General de Pesca por conducto del aquel entonces Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras (hoy en día Instituto Nacional de Pesca) introdujera el 10 de Julio de 1964; 3 especies de tilapia, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* y *Tilapia melanopleura*; las cuales arribaron a la Estación Piscícola de Temascal, Oaxaca (Morales 1991)

En 1981 se introduce al país la tilapia *Oreochromis mossambicus* variedad roja, proveniente de Florida iniciándose su cultivo en los centros acuícolas de Zacatepec y El Rodeo en el Estado de Morelos (Morales. 1991)

Debido a la precocidad con la que se reproducen, se comenzaron a tener problemas con su cultivo; ya que los individuos resultantes muchas veces eran menores a la talla y al peso mínimo comercial requerido. Esto se debió a que al aumentar la densidad en los estanques, los organismos reaccionaron al hacinamiento reduciendo su talla (Lagler et al 1991).

Una de las soluciones inmediatas fue la de introducir un depredador de los alevines de la tilapia en los mismos estanques que estas. Esto trajo un éxito parcial, pues si bien se aprovecharon las especies ictiófagas, las tilapias aun tardaban en alcanzar la talla comercial (Morales, 1991).

La otra solución fue intentar un cultivo monosexual, es decir, sólo cultivar a cada uno de los sexos por separado. Este proceso aunque novedoso era también algo costoso pues implicaba seguir alimentando a los alevines y juveniles hasta que alcanzaran una talla suficiente para poder sexarlos. La técnica de sexado se basa en aspectos externos de los genitalia propuestos por Maar (1966) y después por Bardach (1971) (ambos citados por Huet 1983). **Ver Fig. 1**

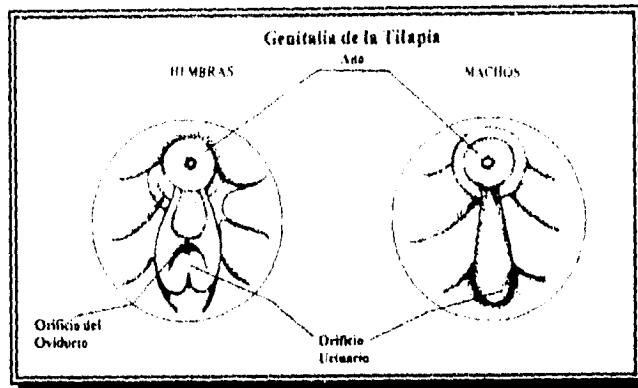


FIGURA 1
Tomado de Huet 1983

Sin embargo los errores de sexado traían los mismos problemas de reproducción precoz en los estanques en donde se dejaba algún macho o hembra que no correspondiera.

Es debido a la necesidad de los acuicultores, de que sus peces alcancen pronto la talla comercial que surgieron nuevas técnicas que optimizaron y redujeron errores en los cultivos monosexuales.

Estas técnicas son inducción a la poliploidía, hibridación y reversión sexual.

Cabe mencionar que en los cultivos monosexual se busca principalmente la producción de machos pues según los estudios realizados por Serrano (1990) se demuestra que los machos tienen una tasa de crecimiento mayor que la de las hembras debido a que estas utilizan gran parte de la energía que tienen destinada para crecer a la formación de los oocitos. Mayabe 1971 (citado por Balarin 1979) sugiere que el crecimiento es mayor en machos, debido a que, la conducta de estos al alimentarse es más agresiva. Huet (1983) dice que el macho crece más, por que durante la incubación bucal la hembra no se alimenta y el macho si.

De las técnicas anteriormente mencionadas, la inducción a la poliploidía y la hibridación presentan ciertos problemas (sobre todo la primera) lo cual las hace que tengan cierto grado de error.

La reversión sexual consiste en encauzar la diferenciación de la gonada hacia un sexo determinado, esto se obtiene mediante el uso de esteroides sexuales (hormonas sintéticas tanto masculinas como femeninas). Es decir, que aunque haya hembras genéticas o genotípicas (con genoma femenino); éstas al asimilar la hormona proporcionada revertirán sexualmente a machos fenotípicos

Las hormonas masculinas más usadas son:

- 17 metiltestosterona
- 17 etniltestosterona
- 11 ketotestosterona
- testosterona-propionato
- androsterona
- metil-androsterol.

Estas se pueden administrar por cualquiera de los siguientes métodos: inyección subcutánea, inmersión en agua con el esteroide y proporcionar el alimento mezclado con el esteroide (Betancourt 1983).

Por esto la reversión sexual sigue siendo el método más confiable y económico para obtener individuos machos para un cultivo monosexual (Balarin 1979).

Aunado a las ventajas de obtener sólo individuos machos se observó que el uso de esteroides también aceleraba el crecimiento de los peces bajo tratamiento (Balarin, 1979).

Sin embargo se ha puesto particular énfasis en el fenómeno de la reversión sexual y se ha descuidado otra de las ventajas que también se produce con la administración de las hormonas, la cual es el acelerado crecimiento resultante en los individuos sometidos a tratamiento.

El presente estudio abarcará únicamente este evento en la especie *Oreochromis mossambicus* (Tilapia mozambica variedad roja); ya que esta especie tiene una gran importancia económica en la producción acuícola del país (SePes 1986-1987), por lo que resulta de suma importancia para el desarrollo y optimización del cultivo de este tipo de peces.

II.-Objetivos.

Objetivo General:

- Evaluar la eficacia de los esteroides. Esteres de Testosterona y Propionato de Testosterona en la promoción del crecimiento en la tilapia roja *Oreochromis mossambicus*.

Objetivos Particulares:

- Determinar si el crecimiento de la tilapia roja *Oreochromis mossambicus* es de tipo isométrico ó alométrico.

- Evaluar la posible influencia de la administración de los esteroides sobre la sobrevivencia de los organismos.

- Determinar si la administración de los esteroides actúa sobre todos los individuos de la cohorte por igual.

- Calcular la tasa de crecimiento de crías de tilapia roja (*O. mossambicus*) tratadas con propionato de testosterona y con ésteres de testosterona y comparar las tasas obtenidas.

- Evaluar y comparar las longitudes esperadas contra las observadas en cada tratamiento, durante y después de la administración del esteroide.

III.-Antecedentes.

En cuanto al los estudios sobre reversión sexual y crecimiento en las tilapias tenemos que

Jensen *et al* en 1979 obtuvieron una considerable cantidad de machos "atípicos" (es decir sin una masculinización notoria de la gónada) tratando a crías de tilapia pertenecientes a la especie *Tilapia aurea*, utilizando estrógenos.

Según cita Nagy *et al* (1981) la cantidad de hormona para acelerar el crecimiento en la carpa dorada (*Carrasius auratus*) es de 1 μg de MT por g de alimento y para lograr la reversión es de 10-50 μg . Pero enfatizó que una concentración alta (1000 μg) provocaba un efecto paradójico de feminización de la gónada de machos de tilapia.

Shelton y colaboradores describieron en 1981 los factores que afectan la reversión sexual en *Tilapia aurea* tratándola con andrógenos. Uno de los principales factores que encontraron fue la influencia de la temperatura, ya que a 21° C la reversión sexual es del 100 %, pero a 30°C hay una cierta "persistencia" de hembras en el grupo tratado.

El primer ensayo de esta índole que se realizó en *O. mossambicus* fue hecho por Inslee *et al* (1968) usando metiltestosterona (MT) y se reportó un 100% de éxito en la reversión (Betancourt 1983).

En cuanto a el riesgo de utilizar hormonas en organismos destinados a consumo humano Johnstone *et al.* comprobaron en 1983 que la metiltestosterona marcada radioactivamente se eliminaba del cuerpo del organismo (principalmente musculatura) a los 30 días de concluido el tratamiento. Sin embargo hacen particular énfasis en que el riesgo de descargas de esteroides al medio acuático vía alimento no consumido o vía excreciones todavía no está muy documentado.

Guerrero y Guerrero III al realizar su experimento de reversión sexual de tilapias *O. mossambicus* en 1988 descubrieron que el estrés es el principal causante de mortandad en crías de tilapia y también evaluaron el costo del tratamiento utilizando metiltestosterona, el cual fue de US \$ 0.58 por cada 1000 crías

Basavaraja *et al* (1990) realizó estudios de reversión sexual en *O. mossambicus*, pero con una hormona femenina, el dietilstilbestrol; obteniendo un 100% de reversión a concentraciones grandes (50 a 100 ppm) y reportó que la cantidad de hormona femenina que se usó para obtener sólo hembras es mayor que la cantidad de hormona masculina para obtener únicamente machos.

En los estudios para controlar su crecimiento Manzano, V B (1990) menciona el éxito que tiene el policultivo de tilapias adaptadas al agua salobre conjuntamente con un serranido que cumple con la función de controlar la población de tilapias.

Varadaraj (1990) realizó un estudio acerca de la producción monsexual de machos administrando 19-norettestosterona acetato y menciona que tiene un poder de revertir el sexo más alto que la estudiada 17 α Metil Testosterona.

En cuanto a los estudios sobre crecimiento y el uso de hormonas y otros medios para lograr este tenemos que:

En el estudio llevado a cabo por Tayamen et al (1978) se observó que los peces tratados con andrógenos crecían a un ritmo mayor que los tratados con estrógenos y que los peces de su grupo control

Serrano realizó en 1990 estudios acerca de la tasa de crecimiento de tilapias *O. niloticus* en cultivos heterosexuales.

En 1991 Chaudhary y sus colaboradores estudiaron el efecto de la conversión alimenticia y el crecimiento en tilapias *O. mossambicus* y carpas *C. carpio* alimentadas con tiroxina y con triyodotironina a una dosis de 20 mg/kg.

Howerton y colaboradores en 1992 compararon el efecto de la 17 α Metil Testosterona y la 3,3'-triyodo-L-tironina administradas oralmente en la aceleración al crecimiento de la tilapia *Oreochromis mossambicus* adaptada al agua marina.

Menchaca en 1992 evaluó la eficiencia de la Bacitracina-Zinc como promotor del crecimiento en tilapias *O. mossambicus*.

Reddy et al (1992) estudiaron los efectos de las hormonas tiroideas y drogas antitiroideas en el crecimiento de larvas de tilapia *Oreochromis mossambicus* y de como estas aceleraban la absorción del saco vitelino.

Loeza (1993) efectuó estudios sobre el efecto del Olaquinox como promotor del crecimiento en al tilapia *Oreochromis mossambicus*.

Pérez (1993) realizó un experimento con *Oreochromis mossambicus* en el que comparó el efecto de reversión sexual de dos hormonas, (Propionato de Testosterona y Etimiltestosterona). Y reportó que después del día 30 se incrementó el peso y la talla de los organismos tratados con propionato, sin embargo la proporción de sexos fue de un 44.5% hembras y de un 40% machos para este esteroide.

Descripción de la especie.

SUPERCLASE: Pisces
CLASE: Actinopterygii
SUBCLASE: Neopterygii
DIVISION: Teleostei
SUBDIVISION: Euteleostei
SUPERORDEN: Acanthopterygii
SERIE: Percomorpha
ORDEN: Perciformes
SUBORDEN: Percoidae
FAMILIA: Cichlidae
GENERO: *Oreochromis*
ESPECIE: *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852)

(Nelson, J.S. 1994 /Lagler, et al 1991)

La familia Cichlidae son peces comprimidos lateralmente, pereiformes, con un sólo orificio nasal a cada lado de la cabeza, la aleta dorsal posee anteriormente una porción espinosa en y posteriormente una porción radial, la línea lateral se encuentra interrumpida a la altura de la porción radial de la aleta dorsal y continua por debajo de esta hasta donde comienza la aleta caudal. Su fórmula radial es D XV-XVI /10-12 A III(-IV) /9-10. en la Línea lateral tiene 29-33 poros = L.I. 29-33 (Günther 1963).

A las tilapias se les divide actualmente en 2 géneros (principalmente), que son *Tilapia* y *Sarotherodon*. La principal diferencia entre estos es la estrategia de reproducción, ciertos aspectos morfológicos y su nivel trófico; las tilapias del género *Tilapia* su desove y cuidado de los huevecillos y la cría es en el substrato; poseen de 7 a 16 branquiespinas en la parte baja del arco branquial y son herbívoras. Las tilapias del género *Sarotherodon* desovan en el substrato pero incuban a los huevecillos en la boca (incubadores bucales) y la protección de la cría también se lleva a cabo en la boca de los progenitores; poseen de 10 a 28 branquiespinas en la parte inferior de el arco branquial y son principalmente planctófagas (Balarin, 1979).

Cabe mencionar que anteriormente se le denominaba a la especie *Sarotherodon mossambicus* y *Oreochromis* era un subgénero, pero en 1983 Trewavas comenta que los subgéneros *Dankilia* y el citado *Oreochromis* son elevados a la categoría de género.

La diferenciación y separación de los géneros *Sarotherodon* y *Oreochromis* se basa en que el primer género la incubación bucal es biparental, mientras que en el segundo es sólo maternal (Lowe-McConnell 1991 citando a Trewavas 1983).

En el registro fósil la tilapia mozambica roja *Oreochromis mossambicus* aparece hace aproximadamente 18 millones de años en el área de el Lago Victoria, Africa, y existe la posibilidad de que exista un ancestro marino (Fryer e lles, 1972 y Kirk, 1972 citados por Balarin, 1979). Ver fig. 2

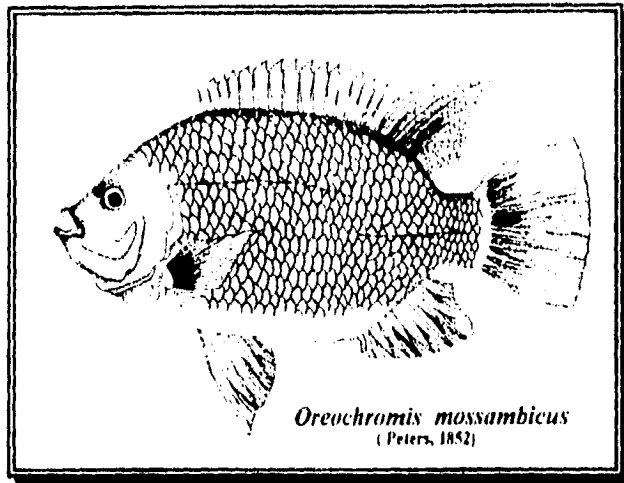


FIGURA 2
Tilapia
Mozambique

Tomado de
SePes 1986
Piscicultura de agua
dulce.

IV.-Metodología.

4.1 Requerimientos generales.

Debido a la importancia de la edad (Nagy et al 1981 y Morales 1991) para llevar a cabo estudios de reversión sexual y dado que el presente trabajo pretende destacar uno de los efectos que se tiene al aplicar dichos tratamientos, el cual es el crecimiento, se trabajó con crías obtenidas de un mismo desove y que cumplieron con las condiciones propuestas por Morales 1991.

Según lo reporta Morales 1991 las condiciones generales que se requieren para llevar con éxito la reversión sexual son las siguientes:

- 1) Que el alevín no sea mayor de 11 mm.
- 2) Que la dosis de hormona esté bien establecida. (En este caso la sugerencia es de 60 mg/Kg de alimento por vía oral).
- 3) Que durante la duración del tratamiento no haya alimento natural, sólo alimento con hormona.
- 4) Que la temperatura esté dentro de los rangos de 24° a 29° C.

4.2 Lotes Experimentales.

Los individuos de los lotes experimentales se obtuvieron de el desove de una de las parejas de reproductores que se mantienen en el laboratorio.

Se hicieron 3 lotes experimentales que constaron de 100 individuos cada uno.

El **GRUPO CONTROL** ó **GRUPO I** fue tratado con alimento sin la hormona.

El **GRUPO II** fue tratado con alimento mezclado con la hormona Esteres de testosterona (**Deposterona** de laboratorios Syntex)

Y el **GRUPO III** fue tratado con alimento mezclado con la hormona Propionato de testosterona (**Sostenon** de laboratorios Organon).

Cada uno de los lotes se mantuvieron durante el tratamiento en acuarios de 104 lt. de capacidad y durante el tiempo de seguimiento en los estanques del Centro Acuícola de Zacatepec, Morelos. Estos estanque son de concreto con salida del drenaje de tipo monje y tienen 4.28 mts. de largo, 2.90 mts. de ancho y 50 cm. de profundidad.

De cada uno de los lotes se realizó una replica para que fuera valido el experimento quedando estos lotes de la siguiente manera y con la siguiente nomenclatura:

<i>Lote</i>	<i>Hormona</i>
Grupo I-A	(Control) Sin hormona
Grupo I-B	(Control) Sin hormona (replica)
Grupo II-A	Esteres de testosterona
Grupo II-B	Esteres de testosterona (replica)
Grupo III-A	Propionato de testosterona
Grupo III-B	Propionato de testosterona (replica)

Cabe mencionar que a cada lote y a su réplica se les mantuvo con las mismas condiciones de temperatura, la cual fue de $26^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$; volumen de agua, calidad de agua y no se uso ningún medio de iluminación artificial, solo se requirió la iluminación natural que existe en la Sala de Acuarios.

La transferencia de los organismos a los estanques no llegó a realizarse debido a que en estos la mortalidad aumentaba hasta alcanzar el 100% esto pudiera deberse a que en dicho lugar no se les administraba el alimento del tamaño adecuado y aunado a las bajas temperaturas de la época invernal y al efecto más directo de algunos depredadores sobre los juveniles.

4.3 Preparación del alimento.

La preparación del alimento se llevó a cabo según lo proponen Basavaraja et al (1990), Tayamen y Shelton (1978) y Morales (1991) (Citando a Guerrero 1975 y a Jensen 1976).

El alimento se preparó de la siguiente manera.

Se diluyeron 7.5 mg. de la hormona en 93 ml. de alcohol etílico al 95 % y 1 ml. de éter de petróleo (este para diluir mejor la hormona), a esta se le agregaron 0.125 g. de tetraciclina y 0.5 g. de vitaminas y se agregó esta mezcla a 125 g. de alimento peletizado de ulapia molido con un mortero.

Una vez hecha, la mezcla se puso a secar en total obscuridad dentro de una estufa (para que no se altere a la hormona con la luz del sol) durante 24 horas, hasta que el alcohol se evaporó de la mezcla y la hormona quedó incorporada al alimento.

Para conservarlo se usaron frascos ámbar para evitar la penetración de la luz, o en su defecto frascos de vidrio forrados con papel aluminio y se les mantuvo en el refrigerador.

Es importante mencionar que el alimento de los lotes control se preparó en igual forma pero sin la hormona.

4.4 Tratamiento y porcentaje de alimento proporcionado.

El tratamiento se llevó a cabo durante 30 días y después de este tiempo se les proporcionó sólo alimento sin hormona. Y se hizo el seguimiento 75 días después de que se dejó de aplicar el tratamiento.

El porcentaje de alimento con hormona que se proporcionó a los organismos fue del 15% de su peso, dividido en 3 raciones, las cuales se administraban a las 9:00 horas, a las 12:00 horas y a las 15:00 horas. Y el alimento que se proporcionó después de los 30 días de tratamiento fue *ad libitum*.

4.5 Seguimiento.

Cada 15 días fue pesada y medida una muestra de 20 individuos por cada lote, con ayuda de un vernier y una balanza semianalítica marca Ohaus de 0.01g de precisión registrándose los cambios en longitud y peso así como el control de alimentación y la mortalidad en unas formas especialmente diseñadas para este fin (ANEXO I).

4.6 Profilaxis de los acuarios.

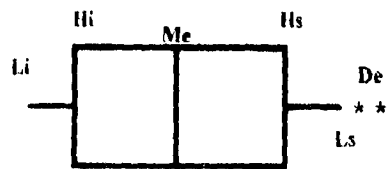
Cada vez que se realizaban los cambios parciales de agua de los acuarios se le ponían unas 10 gotas de azul de metileno, esto con la finalidad de limitar el crecimiento de algas y evitar enfermedades y con un puño de sal para aumentar el potencial osmótico del agua ya que como cita Balarin en 1979 esto resulta benéfico para los organismos.

4.7 Análisis Estadísticos.

4.7.1 Gráficas de Caja Para determinar si el efecto de los esteroides es el mismo sobre todos los individuos se realizaron gráficas de caja, ya que estas nos muestran que si el crecimiento de todos los individuos es muy parecido la caja no será muy larga, es decir que no habrá una diferencia de talla importante entre los individuos; por el contrario si la diferencia de talla entre los organismos es muy acusada, la longitud de la caja será mayor. El uso de las cajas presenta además otra ventaja, dado que marca una línea dentro de la caja, la cual es la mediana, esta medida no se ve afectada por datos extremos como ocurre en el caso de la media, por lo que nos permite ver claramente hacia donde es la tendencia de crecimiento, aspecto que con las gráficas realizadas con los promedios o

medias no sucede. Las gráficas de caja se realizaron con ayuda del programa estadístico Statgraphics ver. 5.0. Para ejemplificar las partes de una caja se muestra a continuación:

La caja se compone de:



Li: Límite inferior de los datos

Hi: Límite inferior de la caja

Me: Mediana

Ls: Límite superior de los datos

Hs: Límite superior de la caja

De: Datos extremos

4.7.2 *ANOVA*: Para definir si existía una diferencia significativa de crecimiento entre los distintos lotes experimentales se aplicó un análisis de varianza de 1 vía o diseño de parcelas al azar, considerando como covariable la densidad, ya que en cada uno hubo diferente mortalidad, consecuentemente distinta densidad, este análisis se realizó con ayuda del programa Statgraphics versión 5.0.

Esta técnica permite comparar simultáneamente más de 2 muestras; y define la probabilidad de que las diferencias encontradas sean debidas al azar o al tratamiento aplicado en el experimento. La base central de el *ANOVA* es comparar la varianza entre grupos contra la varianza dentro de los grupos, si se encuentra diferencia en las mismas refleja que por lo menos uno de los grupos es distinto. Para conocer cuál es el grupo que presentó un mayor crecimiento se empleó la prueba de mínima diferencia significativa (LSD por sus siglas en inglés) de Fisher cuya fórmula es:

$$t\alpha = 0.05 \sqrt{2s^2 \text{ error} / n}$$

(Daniel 1990 y López 1994).

Esta se realizó también con el objeto de ver y comparar si existe una diferencia significativa entre la sobrevivencia del Grupo Control y entre los Grupos con tratamiento y si esta se presenta durante y/o después de la administración de la hormona.

4.7.3 *Relación peso-longitud (regresión lineal)*: Para saber si el crecimiento de un organismo es isométrico o alométrico se realizó un procedimiento matemático llamado regresión lineal, entre los logaritmos naturales de las longitudes y los logaritmos naturales de los pesos, graficándose posteriormente los resultados de la longitud como la variable independiente en el eje de las "X" (abscisas) y el peso como la variable dependiente en el eje de las "Y" (ordenadas). Según Serrano (1990) cuando los valores de la pendiente de la relación peso-longitud se encuentran en el intervalo de 2.8 a 3.2 el crecimiento se considera isométrico y cuando se encuentra por encima o por debajo de este intervalo se considera alométrico.

4.7.4 *Ecuación de von Bertalanffy*: Para determinar la ecuación de crecimiento se obtuvieron las constantes de la ecuación por medio del método de Ford-Walford.

4.7.4.1 *Ford-Walford*: Para la obtención de la tasa de crecimiento K y L_{∞} por este método se ordenan los resultados de la siguiente forma:

Edad	Talla media (mm.)
1	32.36
2	41.01
3	45.70
4	52.80

Entonces se colocan de la siguiente forma:

l_t	l_{t+1}
32.36	41.01
41.01	45.70
45.70	52.80

Después de esto se realiza la regresión lineal entre l_{t+1} y l_t y los resultados de B se sustituyen en la ecuación $K = -\ln B$ y para L^∞ es $L^\infty = a / (1 - e^{-K})$.

Una vez realizado esto se sustituye la K y la L^∞ en la ecuación de Bertalanffy la cual es:

$$L_t = L^\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

De donde L^∞ es la longitud asintótica, es decir, es aquella longitud que un animal alcanzará a la edad ∞ . K es la tasa de crecimiento y t_0 es el tiempo hipotético cuando el pez pudo tener una longitud 0.

La t_0 se obtiene mediante la ecuación:

$$t_0 = t + 1/K \ln (1 - l_t / L^\infty)$$

Esto se obtiene para cada edad y después se saca un promedio de los t_0 's calculados para un grupo y es este t_0 promedio el que se sustituye en la ecuación de Bertalanffy para obtener las longitudes esperadas. Tomado de Gómez 1994.

Una vez obtenidas las longitudes esperadas estas se compararon con las longitudes observadas mediante la prueba de χ^2 para ver que tanta bondad hay en el ajuste entre ambas. Esto se realizó para cada lote experimental vs. control.

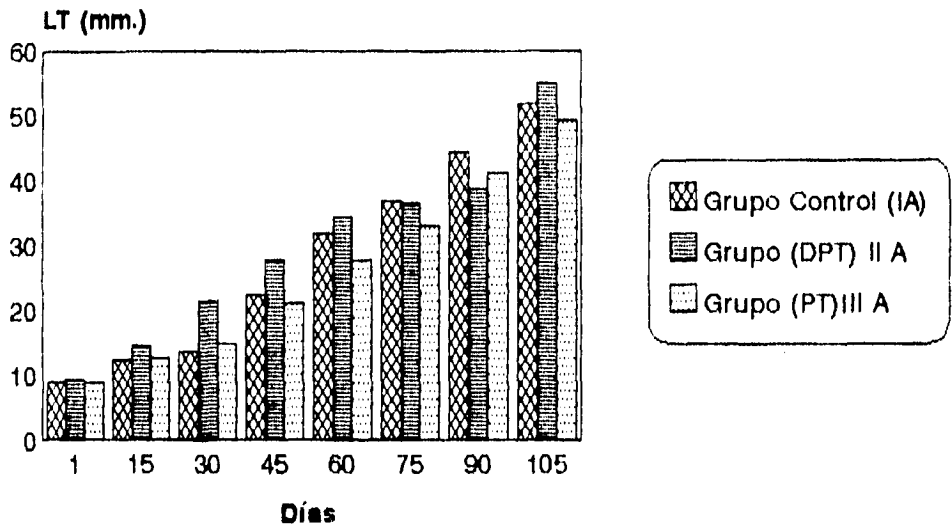
V.-Resultados y discusión

Grupos A: Los promedios de longitud y peso total así como los porcentajes de mortalidad de los grupos experimentales tipificados como A se presentan en la tabla 1 y en las gráficas 1, 2 y 3 respectivamente.

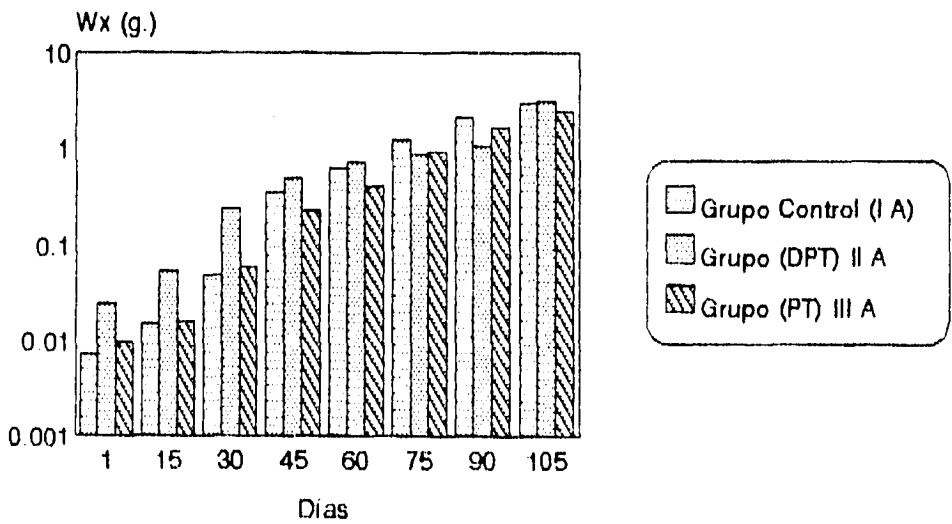
Tabla 1: Longitudes, pesos promedio y porcentajes de mortalidad de los grupos A.

Grupo Control (Sin hormona) (I A)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	8.83	0.0071	0
15	81	12.1	0.014	19
30	56	13.63	0.046	30.9
45	40	22.64	0.34	28.57
60	37	31.65	0.64	7.5
75	36	36.66	1.24	2.7
90	36	44.18	2.15	0
105	33	51.7	3.05	8.33
Grupo Esteres de testosterona (II A)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	9	0.024	0
15	90	14.54	0.052	10
30	82	21.3	0.24	8.8
45	80	27.75	0.49	2.44
60	76	34.2	0.733	5
75	76	36.35	0.904	0
90	74	38.5	1.075	2.63
105	73	55	3.18	1.35
Grupo Propionato de Testosterona (III A)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	8.77	0.0095	0
15	89	12.66	0.015	11
30	75	14.79	0.057	15.73
45	69	21.17	0.23	8
60	63	27.55	0.41	8.7
75	62	33	0.93	1.58
90	57	41.1	1.71	8.06
105	53	49.15	2.5	7.01

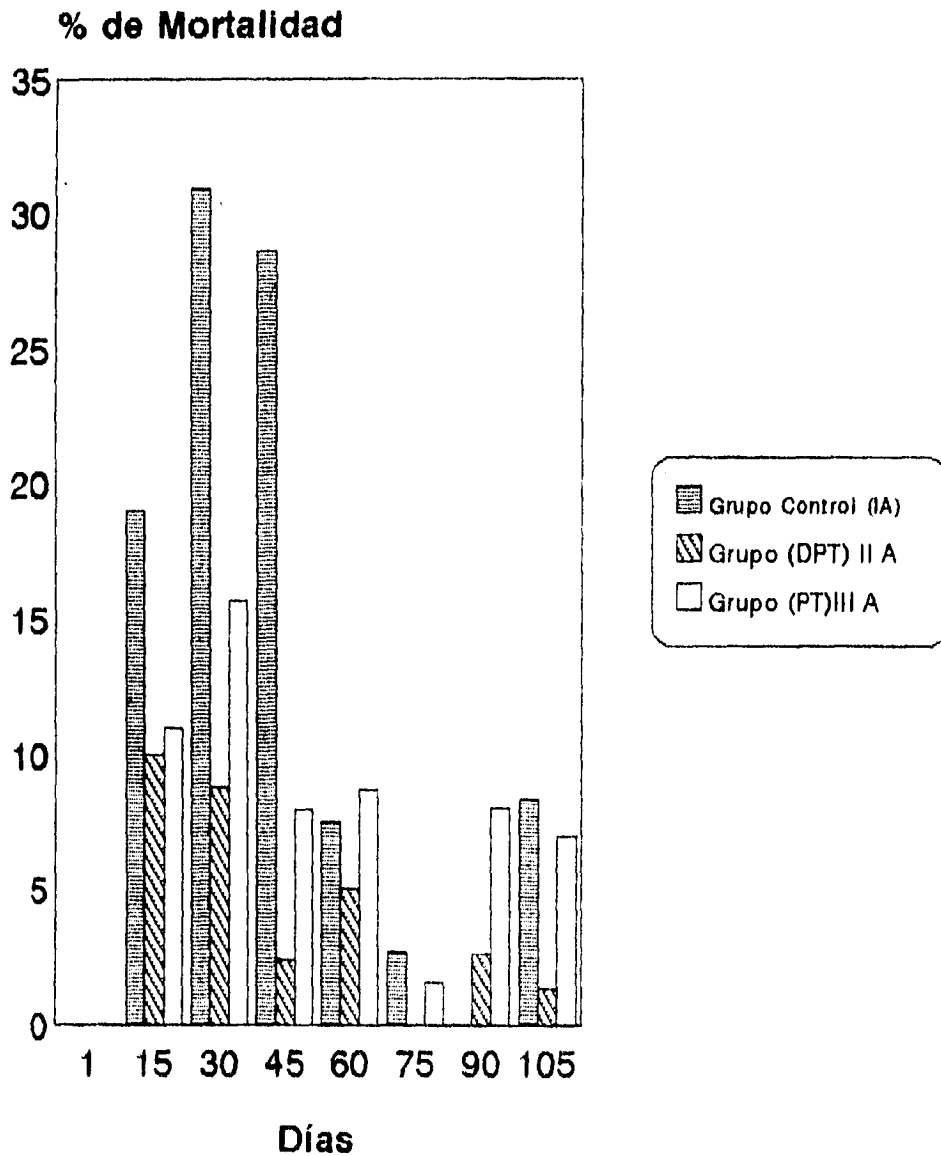
GRAFICA 1: Grupos A
Variación en la longitud total promedio de la crías



GRAFICA 2: Grupos A
Variación en el peso promedio de las crías



GRAFICA 3: Grupos A porcentaje de mortalidad de las crías



Longitudes totales promedio, pesos promedio y % de mortalidad de los Grupos A:

Según observamos en la tabla 1 y las gráficas 1 y 2 que muestran los promedios de longitud de los grupos A, el grupo tratado con ésteres de testosterona (IIA) es el que a lo largo del experimento presenta un mayor crecimiento, excepto en los días 75 y 90 en los cuales es superado por los otros grupos, sin embargo al final del experimento es el tratamiento que presenta la mayor talla promedio.

En cuanto a el grupo de propionato de testosterona (IIIA) este tiene fluctuaciones muy marcadas a lo largo del bioensayo, en ciertos momentos presenta tallas promedio mayores que el grupo control, pero en ocasiones su promedio de tallas está por debajo de las presentadas por este grupo; al final del experimento se observa que las longitudes promedio de este grupo están por debajo de las que presenta el grupo control (IA). Esto puede deberse a la influencia de la densidad sobre el incremento de tamaño puesto que la densidad que presenta el grupo control (IA) fue menor debido a la elevada mortalidad que se dio a lo largo del bioensayo, como puede apreciarse en la tabla y en la gráfica 3.

En cuanto al peso se puede ver que se presenta el mismo comportamiento de los datos que para la longitud total, con la única salvedad que el grupo de propionato (IIIA) no presenta diferencias de peso tan marcadas respecto a los otros 2 grupos como se presentó en el caso de la longitud.

Grupos B: Para los grupos tipificados como B los promedios de longitud y peso totales así como de mortalidad se presentan en la tabla II y en las gráficas 4, 5 y 6 respectivamente.

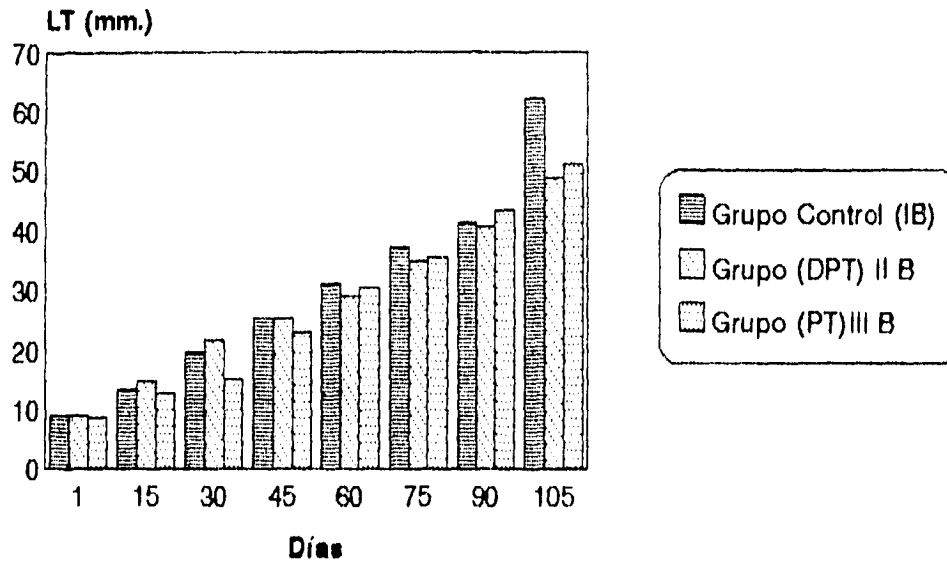
Tabla II: Longitudes, pesos promedio y porcentajes de mortalidad de los grupos B.

Grupo Control (Sin hormona) (I B)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	8.96	0.0165	0
15	98	13.43	0.0435	2
30	34	19.38	0.195	65.31
45	25	25.38	0.56	26.47
60	25	31.13	0.92	0
75	20	37.23	1.49	20
90	19	41.26	2.07	5
105	15	62.13	5.72	21

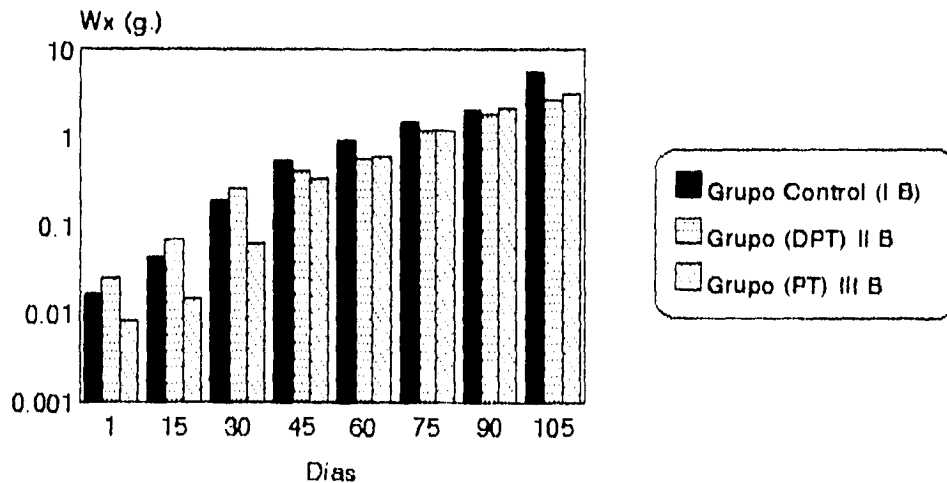
Grupo Esteres de testosterona (II B)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	8.8	0.0255	0
15	97	14.66	0.07	3
30	49	21.47	0.26	49.48
45	45	25.2	0.42	8.16
60	44	28.92	0.58	2.22
75	43	34.76	1.24	2.27
90	41	40.6	1.89	4.65
105	38	48.65	2.77	7.31

Grupo Propionato de Testosterona (III B)				
Días	No. de individuos	Lt. mm.	Wt. g.	% de Mortalidad
1	100	8.6	0.0085	0
15	96	12.8	0.015	4
30	84	15.13	0.063	12.5
45	60	22.7	0.34	7.14
60	57	30.25	0.61	5
75	56	35.5	1.24	1.75
90	54	43.4	2.17	3.57
105	53	51.25	3.11	1.85

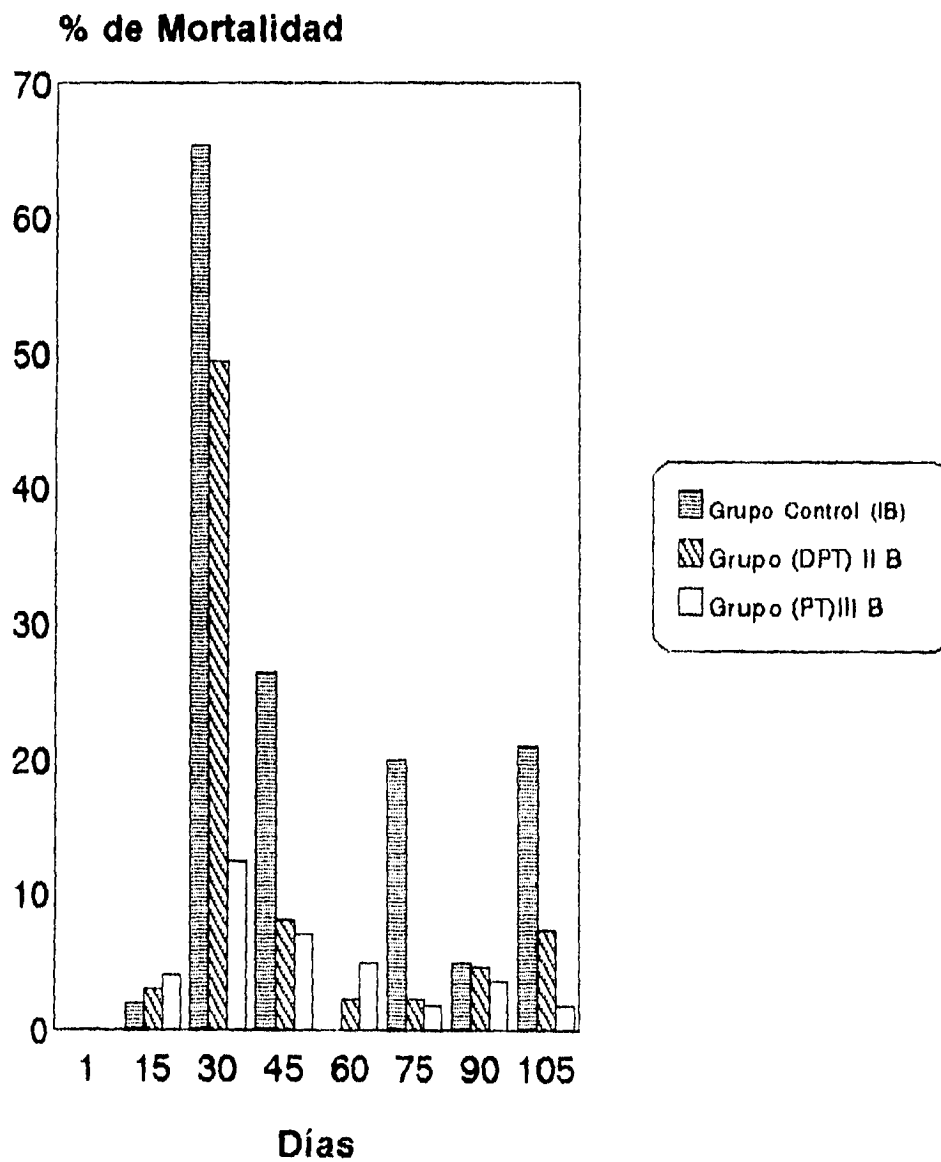
GRAFICA 4: Grupos B
Variación en la longitud total promedio de las crías



GRAFICA 5: Grupos B
Variación en el peso promedio de las crías



GRAFICA 6: Grupos B porcentaje de mortalidad de las crías



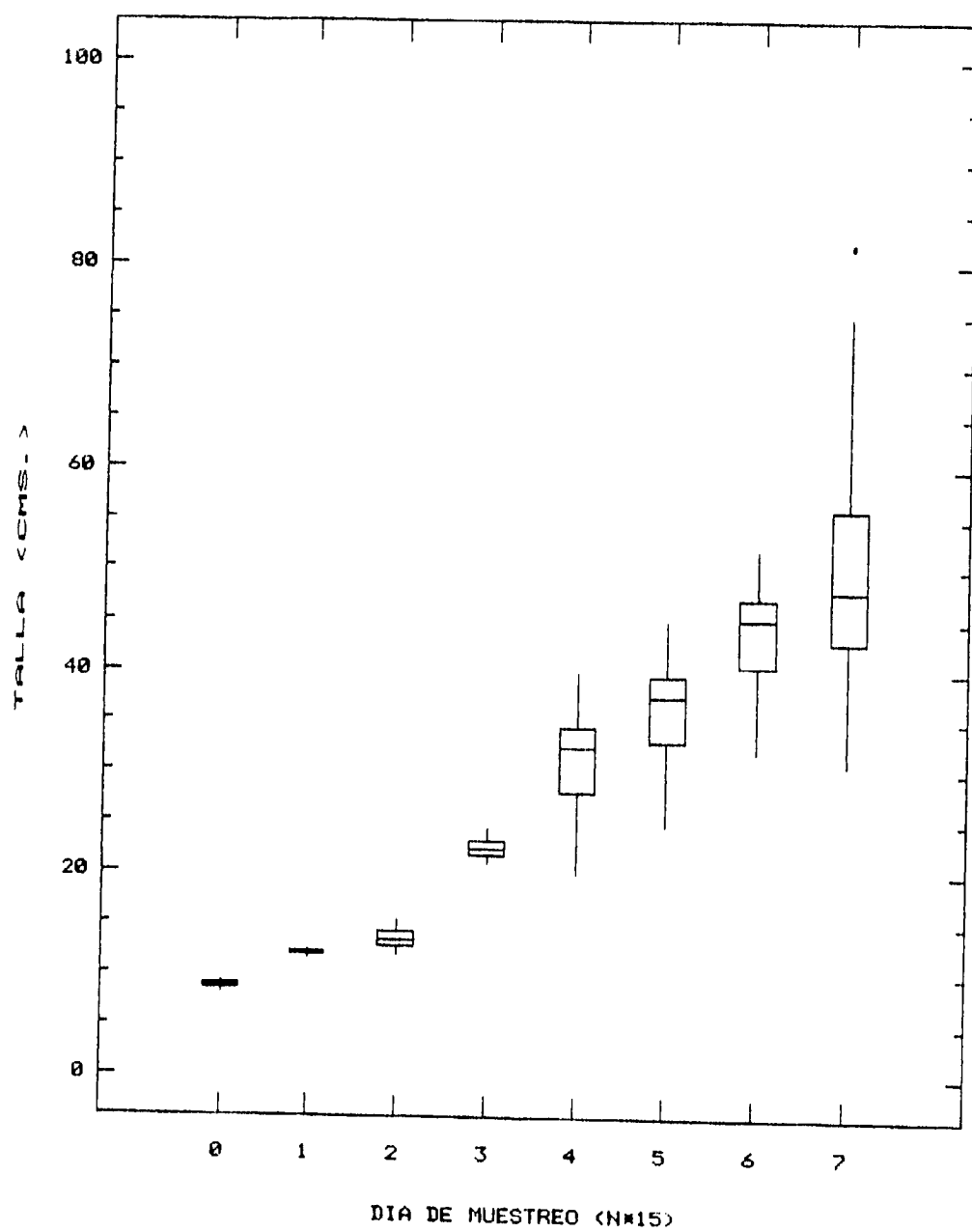
En el caso de los grupos B, en la tabla II y en las gráficas 4 y 5, fue el grupo control (IB) el que presentó mayores longitudes y pesos más elevados, al analizar las tablas IV, VII y VIII y la gráfica 6 se nota que el grupo con mayor mortalidad a lo largo de todo el bioensayo es precisamente el grupo control (IB) lo cual se traduce en una densidad muy baja, condición que como ya se mencionó influye positivamente en el crecimiento de los organismos.

Debido a que se observó que el promedio o media aritmética estaba muy influenciada por datos extremos que se presentaron, se decidió elaborar unas gráficas de caja para la distribución de tallas las cuales usan la mediana como punto de referencia y esta medida no es influenciada por los datos extremos. Este tipo de gráfica nos permitió observar estos datos extremos y la distribución de tallas para cada muestreo.

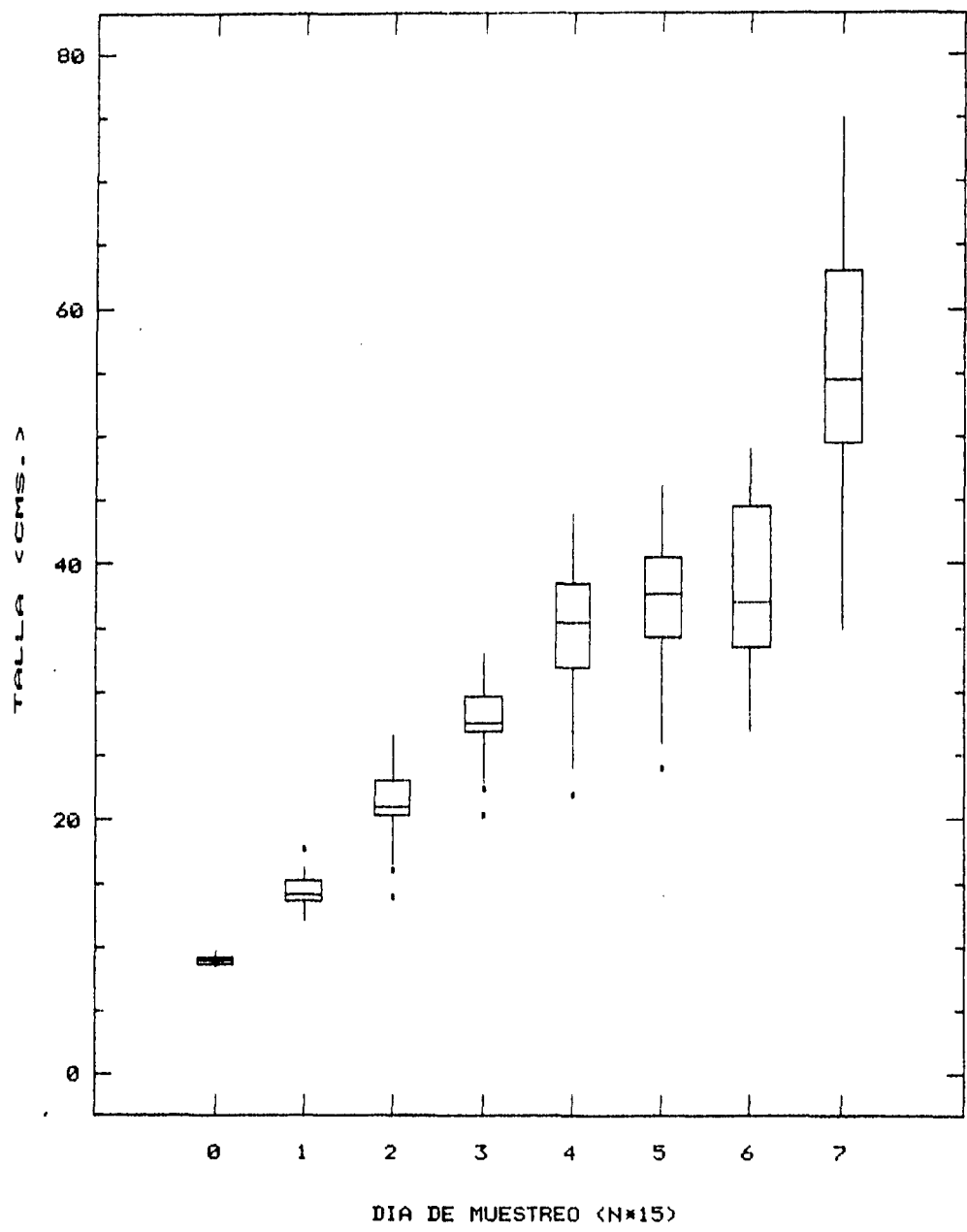
- Distribución de tallas.

Grupos A: En las gráficas 7, 8 y 9 se presenta la distribución de tallas de los grupos control (IA), ésteres de testosterona (IIA) y propionato de testosterona (IIIA) respectivamente.

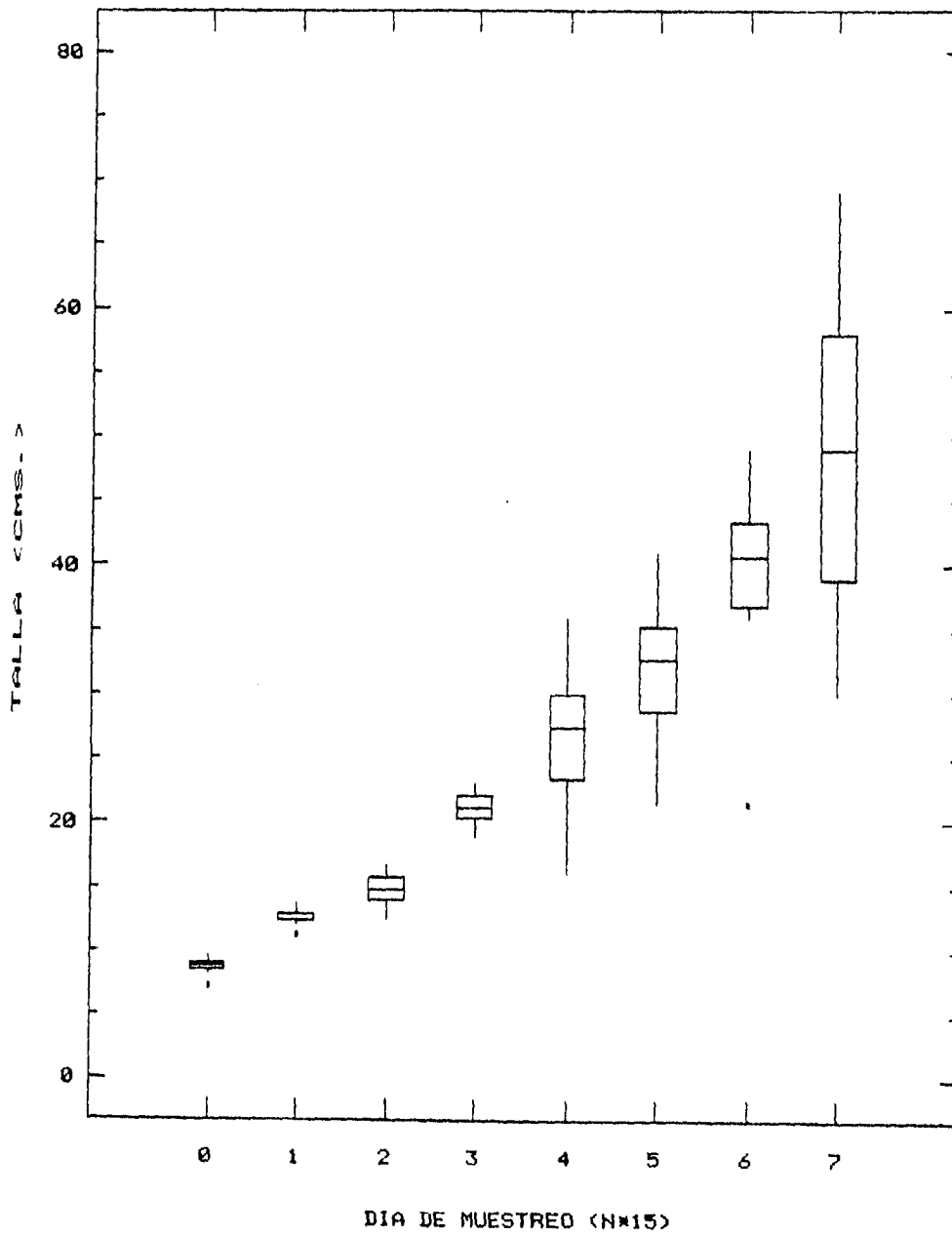
GRAFICA #7 DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO CONTROL (IA)



GRAFICA #8 DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO ESTERES DE TESTOSTERONA (YIA)



GRAFICA #9 DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO PROP. DE TESTOSTERONA (IIIA)



Las gráficas de caja (7, 8 y 9) con la distribución de tallas nos muestra varias cosas:

Las diferencias en la distribución de tallas, para el grupo control (IA) comenzaron el día 30 y se mantuvieron así hasta el día 45 comenzando después un aumento en la diferencia de tallas, si comparamos el grupo control con los grupos IIA y IIIA podemos ver que en estos 2 últimos la distribución diferencial de tallas comienza a presentarse a los 15 días de inicio del tratamiento y continuó aumentando; esto puede deberse a que las hormonas administradas actúan acelerando el proceso de crecimiento.

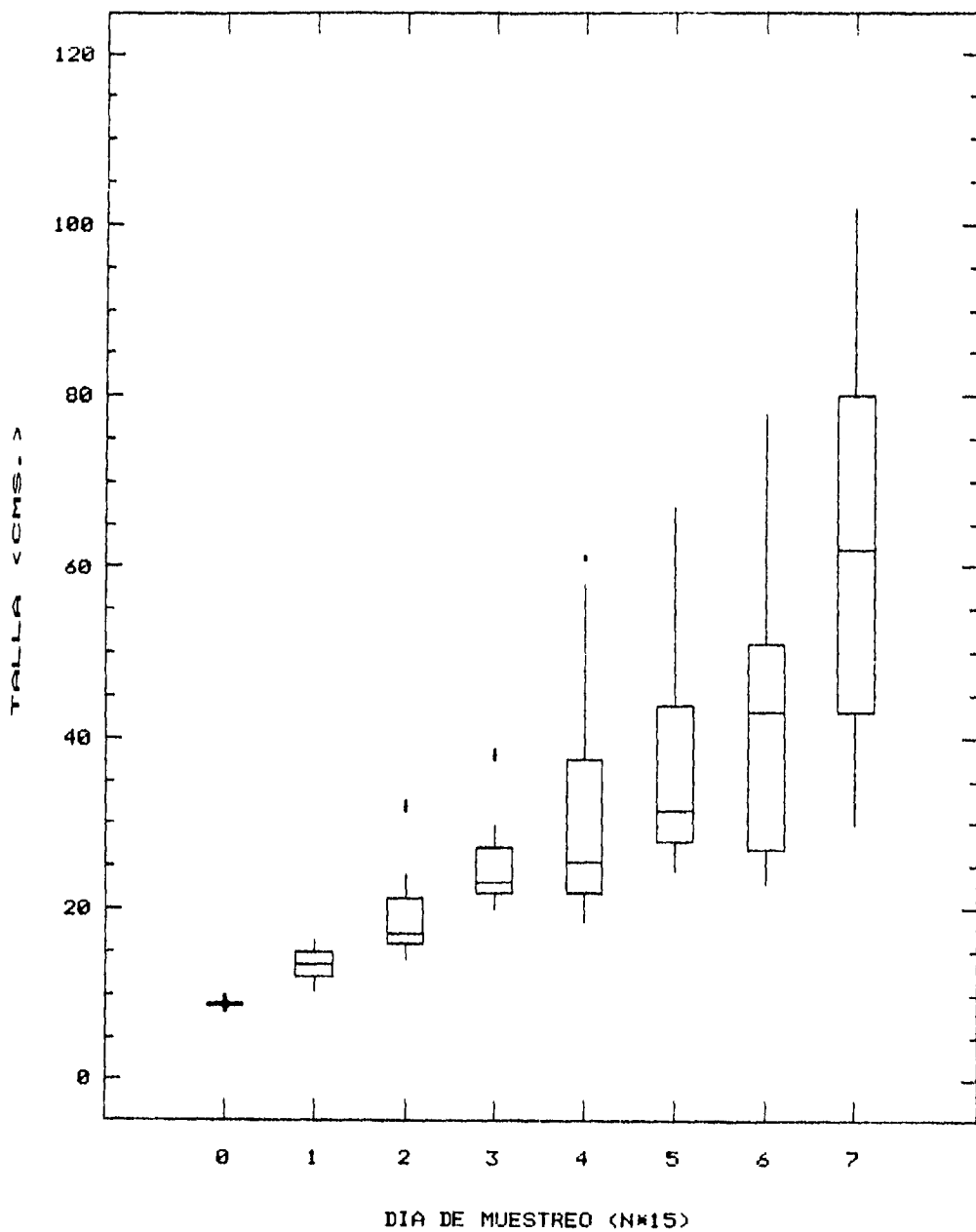
Considerando la mediana el grupo que alcanzó las tallas más grandes fue el grupo tratado con ésteres de testosterona (IIA) seguido por el grupo tratado con propionato de testosterona (IIIA) y por último el grupo control. Basándose en lo mostrado por las gráficas de caja podemos afirmar que la aplicación de esteroides incrementa la talla de los organismos bajo tratamiento.

En el grupo control (IA) se puede observar que hacia el final del experimento existe un valor extremo; este dato se presentó así debido a la baja densidad que había en el grupo y posiblemente este valor esté relacionado con un organismo que al tener una mayor talla fuera más agresivo logrando obtener una mayor cantidad de alimento.

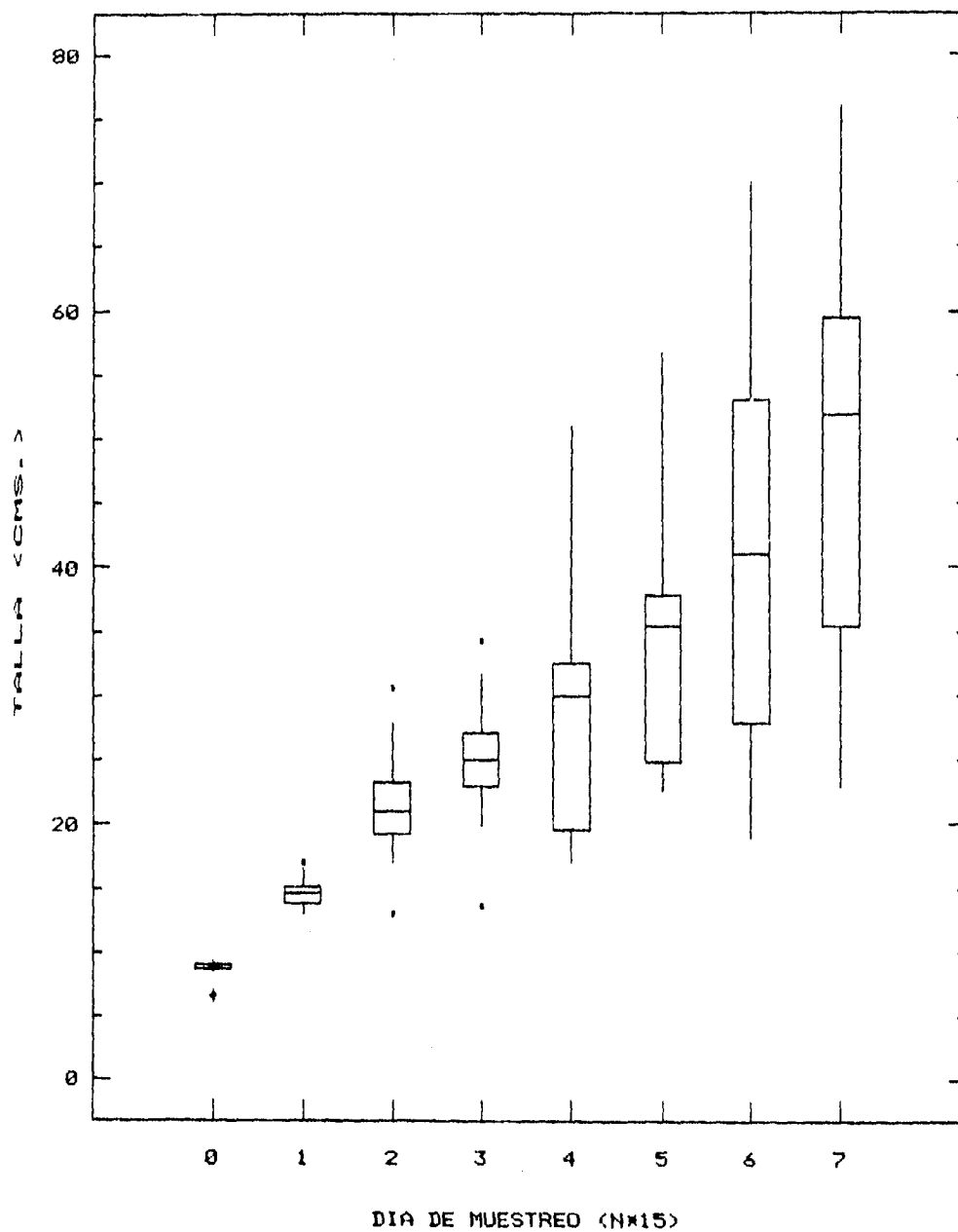
- Distribución de tallas.

Grupos B: La distribución de tallas de los grupos control (IB), ésteres de testosterona (IIB) y propionato de testosterona (IIIB) se encuentran representadas en las gráficas 10, 11 y 12 respectivamente.

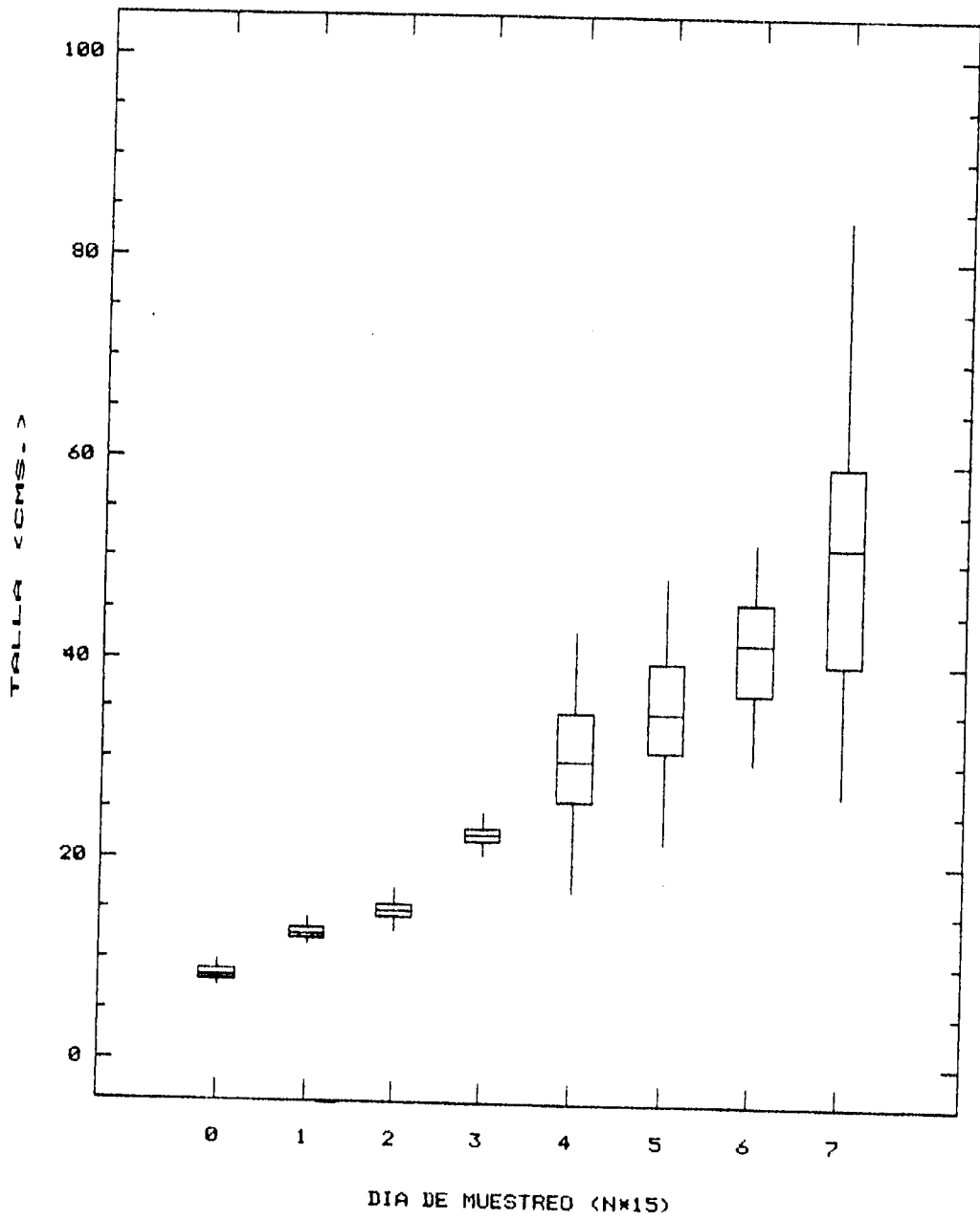
GRAFICA #10 DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO CONTROL (IB)



GRAFICA #11 DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO ESTERES DE TESTOSTERONA (IIB)



GRAFICA #12. DISTRIBUCION DE TALLAS DEL GRUPO PROP. DE TESTOSTERONA (IIB)



Grupos B: Al graficar las distribuciones de tallas de estos grupos (10, 11 y 12) podemos observar que las diferencias entre ellas se presentan al mismo tiempo en el grupo control (IB) y en los lotes experimentales (II y IIIB). Conforme avanza el experimento se ve claramente que se presentaron valores con frecuencias mayores que la mediana, incluso en el muestreo del último día la mediana queda casi en medio de la distribución de tallas lo que nos quiere decir que la distribución de estas es casi normal; en cambio en el grupo de ésteres de testosterona (IIB) se presentan distribuciones sesgadas hacia la izquierda casi durante todo el experimento, esto sugiere que datos con un valor más bajo tienen una frecuencia mayor que los datos de valores altos, lo cual refleja que la mayoría de los organismos tienen tallas menores a la mediana. Para el grupo del propionato de testosterona (IIIB) se observa que durante todo el bioensayo la mediana se mantiene en la parte media del diagrama de caja, esto es, que la frecuencia de tallas es igual por encima y por debajo de ella o sea que el número de organismos tienen tallas superiores a la mediana y el número de organismos que tienen tallas inferiores a las de esta son similares.

Se realizó un análisis de varianza para determinar la importancia de la densidad, mortalidad y tipo de hormona empleada; sobre el crecimiento de los organismos.

- ANOVA Tablas de análisis de varianza.

a) Crecimiento por grupo.

Los resultados de el análisis de varianza (ANOVA) con respecto a incrementos de talla de ambos grupos se encuentran las tablas III a VIII.

- Tablas de ANOVA (Análisis de Varianza) para crecimiento por cada tratamiento.

Tabla III: Análisis de Varianza de los Grupos A.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia
Covariante: Densidad	33.32	1	33.32	2.295	0.1305
Tratamiento	95.81	2	47.9	3.3	0.0378
Día	2063.63	7	294.8	20.303	0.0000
Residual	6809.91	469	14.52		
Total	11662.31	479			

Tabla IV: Análisis de Varianza de los Grupos B

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia
Covariante: Densidad	334.21	1	334.21	12.73	0.0004
Tratamiento	197.97	2	98.98	3.77	0.0238
Día	3098.36	7	442.62	16.85	0.0000
Residual	12158.38	463	26.26		
Total	18355.11	473			

- Tablas de Análisis Múltiple de Rangos.

Tabla V Análisis Múltiple de Rangos entre incremento de talla vs. tratamiento. Grupos A.
Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Tratamiento	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
1	160	4.69	X
3	160	5.16	X X
2	160	6.47	X

Tabla VI Análisis Múltiple de Rangos entre incremento de talla vs. día de muestreo.
Grupos A.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Día de muestreo (N*15)	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
0	60	1.33	X
2	60	3.57	X
5	60	3.69	X X
1	60	5.01	X X
6	60	5.22	X X
4	60	6.88	X X
3	60	7.07	X
7	60	10.77	X

Tabla VII Análisis Múltiple de Rangos entre incremento de talla vs. tratamiento. Grupos B.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Tratamiento	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
2	160	5.0	X
1	154	5.65	X X
3	160	6.8	X

Tabla VIII Análisis Múltiple de Rangos entre incremento de talla vs. día de muestreo. Grupos B.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Día de muestreo (N*15)	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
5	60	3.43	X
4	60	4.04	X
3	60	4.20	X
6	59	4.61	X
0	60	4.84	X
2	60	4.87	X
1	60	9.37	X
7	55	11.20	X

En el análisis de varianza realizado a los datos se pone como covariable a la densidad, esto es debido a que este análisis nos va a decir si esta tiene un efecto importante sobre el crecimiento de los organismos, a la vez que evaluamos el efecto de las demás variables, como son el tratamiento y el día de muestreo.

En la Tabla III (Grupos A) observamos que la densidad no fue realmente significativa, ya que tiene un valor de el 87 % (0.87) de confiabilidad, cifra que está por debajo del 95% (0.95) que debe tener para ser significativo. Al revisar el número de individuos que quedaron en todos los grupos A vemos que aunque el Grupo Control (IA) tuvo con menos organismos al final del experimento, el número que disminuyó no fue tan grande como para que la densidad influyera notoriamente en el crecimiento en este caso. En cuanto a la influencia del tratamiento observamos que si fue significativo, es decir que el tipo de tratamiento si tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento del los peces, para saber en que grupo se presentó esta mayor influencia se aplico el análisis múltiple de rangos cuyos resultados se desglosan en las Tablas V y VI.

En la Tabla V vemos que los grupos A son diferentes entre si y que el que presentó un mayor crecimiento y por lo tanto una mayor diferencia significativa fue el grupo tratado con ésteres de testosterona, como se corrobora en las gráficas 1 y 2 que muestran la talla y el peso.

También en la Tabla VI observamos que los días en que el incremento de tallas fue más significativo fueron 60, 45 y 105, para todos los grupos.

En la Tabla IV se desglosan los resultados del análisis de varianza para los grupos B, en ella vemos que la densidad si fue significativa, es decir, si influyó en el crecimiento de los organismos. El grupo Control fue el que tuvo una densidad muy baja pues la mortalidad fue muy elevada, como se observa en la gráfica 6. Además observamos que también tuvieron efecto sobre el crecimiento de las crías tanto el tipo de tratamiento como el día de muestreo, para saber qué grupo fue el de mayor crecimiento se aplicó también el análisis múltiple de rangos.

En la Tabla VII se nota que el grupo que presentó un mayor incremento de talla fue el grupo propionato de testosterona, seguido por el grupo Control aunque como ya se vio en el análisis de varianza esto se debió a la baja densidad del grupo. El promedio de tallas de este grupo supera incluso el incremento de talla del grupo trabajado con ésteres de testosterona.

Según los datos que se observan en la Tabla VIII vemos que los días en que se dio un incremento de tallas con mayor significancia fueron el día 15 y el día 105; para todos los grupos.

Cabe hacer notar que de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis de varianza la administración de esteroides anabólicos como son las hormonas sintéticas si aceleran el crecimiento en los peces, ya que independientemente de la densidad que se presente en las poblaciones de organismos, los esteroides tienen una influencia muy marcada en el aumento de talla de estos. Es importante mencionar que esta influencia está dada para organismos de la misma edad. Lo que no se puede definir con precisión con los resultados que se obtuvieron con el experimento es, cuál de los 2 esteroides que se usaron es el que logra una mayor aceleración del crecimiento en los peces, esto sólo podrá discernirse realizando más experimentos e introduciendo otras variables como es la administración de diferentes dosis de los mismos esteroides.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) pero ahora con respecto a la sobrevivencia de ambos grupos se encuentra en las tablas XI a XIV

- Tablas de ANOVA (Análisis de Varianza) por sobrevivencia.

Tabla IX: Análisis de Varianza de sobrevivencia de los Grupos A.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia
Tratamiento	279.76	2	139.88	4.12	0.392
Día	889.90	7	127.13	3.74	0.170
Residual	475.46	14	33.96		
Total	1645.12	23			

Tabla X: Análisis de Varianza de sobrevivencia de los Grupos B.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Nivel de significancia
Tratamiento	685.16	2	342.58	3.31	0.0663
Día	3920.35	7	560.05	5.42	0.036
Residual	1446.7	14	103.33		
Total	6052.21	23			

- Tablas de Análisis Múltiple de Rangos.

Tabla XI Análisis Múltiple de Rangos entre sobrevivencia vs. tratamiento. Grupos A.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Tratamiento	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
1	8	87.87	X
3	8	92.5	X X
2	8	96.22	X

Tabla XII Análisis Múltiple de Rangos entre sobrevivencia y día de muestreo. Grupos A

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Día de muestreo	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
30	3	81.52	X
15	3	86.66	X X
45	3	86.99	X X
60	3	92.93	X X
105	3	94.44	X X
90	3	96.44	X X
75	3	98.57	X
1	3	100	X

Tabla XIII Análisis Múltiple de Rangos entre supervivencia vs. tratamiento. Grupos B.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Tratamiento	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
1	8	82.53	X
2	8	90.36	X X
3	8	95.52	X

Tabla XIV Análisis Múltiple de Rangos entre supervivencia y día de muestreo. Grupos B.

Método: 95% Mínima diferencia significativa.

Día de muestreo	Conteo	Media mínima significativa	Grupos homogéneos
30	3	57.57	X
45	3	86.07	X
105	3	89.94	X
75	3	91.99	X
90	3	95.6	X
15	3	97	X
60	3	97.6	X
1	3	100	X

Un fenómeno que se observó a lo largo del bioensayo fue el que los grupos tratados con hormona tuvieron una mortalidad menor a la presentada por los grupos control, por lo que se aplicó un análisis de varianza para comprobar de manera estadística si esto en realidad ocurre o no.

En la Tabla IX se observa que para los grupos A el tratamiento con hormonas no influye de manera determinante en la supervivencia de los organismos de los grupos experimentales. Ni tampoco tiene ninguna influencia el día de muestreo en la supervivencia de estos. Esto se ve claramente, ya que los valores que se presentan en la tabla son de un valor superior al 0.05 que se requiere para que sea significativo.

Sin embargo en la Tabla XI de análisis múltiple de rangos se aprecia que el grupo que presentó una menor supervivencia (o lo que es lo mismo una mayor mortalidad) fue el grupo Control (IA) seguido por el grupo de propionato de testosterona (IIIA) y el que mayor supervivencia presentó fue el grupo de ésteres de testosterona (IIA) siendo como ya lo vimos este grupo el que presentó las mayores tallas y pesos al final del experimento.

En la Tabla XII se aprecia que los días de mayor mortalidad son los días 30, 15 y 45 para todos los grupos.

Para los grupos B, la Tabla X nos muestra que si bien por tratamiento no hay resultados significativos, por día si los hay; ya que el valor que se ve en la tabla es inferior al 0.05, por lo que es un valor significativo, es decir, que el día (o tiempo de vida) puede tener una influencia en la sobrevivencia de los organismos.

Para ver esto más claramente se toma en cuenta el análisis múltiple de rangos; en la Tabla XIII se observa también que es el grupo Control (IB) el que tiene una menor sobrevivencia y que el que tiene una mayor sobrevivencia es el grupo de propionato de testosterona (IIB). En la Tabla XIV se aprecia que es el día 30 el que presenta una menor sobrevivencia para todos los grupos, siendo todos los demás días iguales o con diferencias poco significativas.

A pesar de los resultados obtenidos por los análisis de varianza y múltiple de rangos en el aspecto de sobrevivencia si quisiera hacer notar que hay una cierta influencia de la administración de esteroides en la sobrevivencia de los organismos, estadísticamente no es comprobable con los datos de que se disponen, sin embargo es de llamar la atención que sea siempre en ambas repeticiones el grupo control el que presente sobrevivencias menores, esto no se puede apreciar estadísticamente, pero al observar las gráficas 3 y 6 salta a la vista que es este grupo el que tiene una mayor mortalidad.

En cuanto a los días se puede apreciar que es en los primeros 45 días cuando se presenta una mayor mortalidad en todos los grupos, con tratamiento y sin él.

Regresión lineal

El método de mínimos cuadrados se emplea para determinar la línea de mejor ajuste a los datos experimentales.

Tablas de regresión lineal peso vs. longitud

Tabla XV. Regresión lineal del peso vs. longitud de los organismos del grupo control

Grupo control (I A)	
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000

Tabla XVI. Regresión lineal del peso vs. longitud de los organismos tratados con ésteres de testosterona

Grupo ésteres de testosterona (II A)	
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000
Coeficiente de correlación	0.97
Coeficiente de regresión	0.0001
Intercepto	0.0000

Tabla XVII. Regresión lineal del peso vs. longitud de los organismos tratados con propionato de testosterona

Grupo propionato de testosterona (III A)	
Comunidad Comunal al completo	0,75
Comunidad latipalpal al completo	0,75
Comunidad latipalpal	0,75
Comunidad de la zona	0,75
Comunidad de inserción	0,75
Comunidad de la zona	0,75
Comunidad de la zona	0,75

Tabla XVIII. Regresión lineal del peso vs. longitud del grupo control.

Grupo control (I B)	
Constante (ordenada al origen)	11.76
Coeficiente de regresión	0.19
Error estándar para la Y estimada	0.19
R^2	0.99
Nº de observaciones	8
Grado de libertad	7
Coeficiente de determinación	0.97
Error estándar del coeficiente	0.17

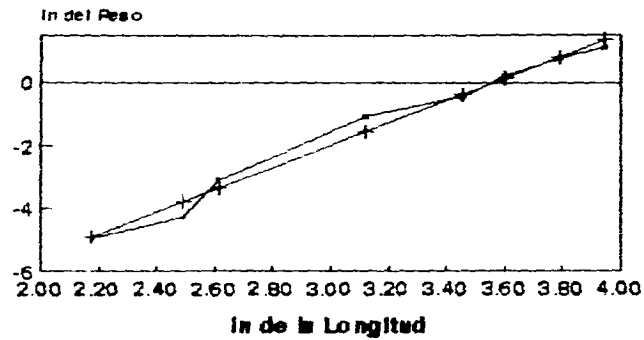
Tabla XIX. Regresión lineal del peso vs. longitud de los organismos tratados con ésteres de testosterona.

Grupo ésteres de testosterona (II B)	
Constante (ordenada al origen)	10.11
Coeficiente de regresión	0.16
Error estándar para la Y estimada	0.16
R^2	0.99
Nº de observaciones	8
Grado de libertad	7
Coeficiente de determinación	0.97
Error estándar del coeficiente	0.15

Tabla XV. Resultados final del peso y longitud de los organismos tratados con propionato de testosterona

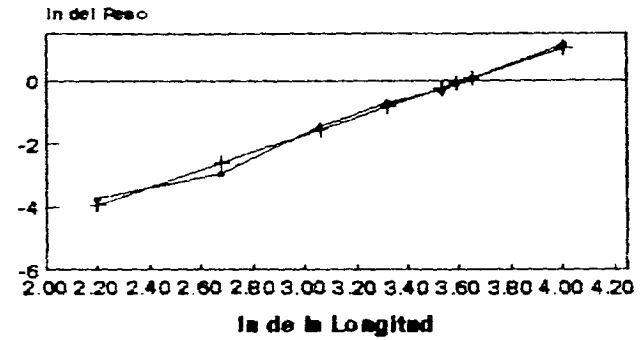
Grupo propionato de testosterona (III B)	
Control (no tratado)	100
Tratamiento con testosterona	100
Tratamiento con testosterona + vitamina D ₃	100
Tratamiento con testosterona + vitamina E	100
Tratamiento con testosterona + vitamina K ₃	100
Tratamiento con testosterona + vitamina A	100

GRAFICA 13: Longitud total vs. Peso en el grupo Control de las crías de *O. mossambicus*



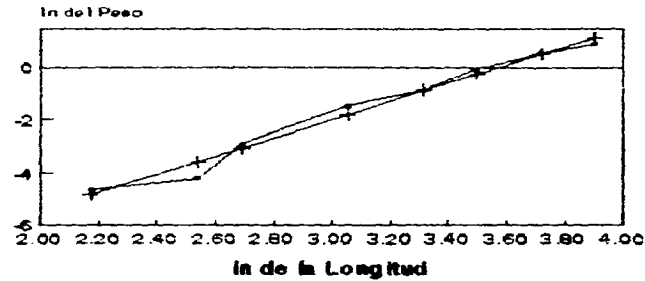
Real + Ajuste

GRAFICA 14: Longitud total vs. Peso en el grupo tratado con Esteres de testosterona



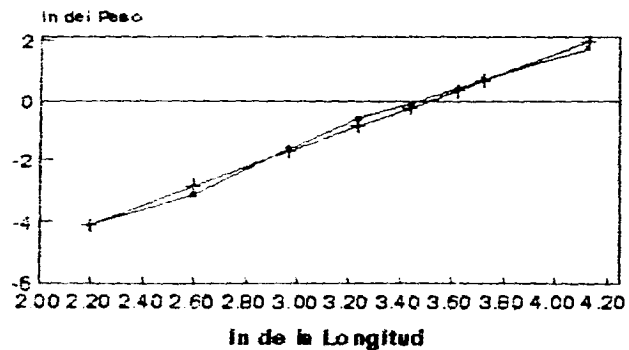
Real + Ajuste

GRAFICA 15: Longitud total vs. Peso en el grupo tratado con Propionato de testosterona



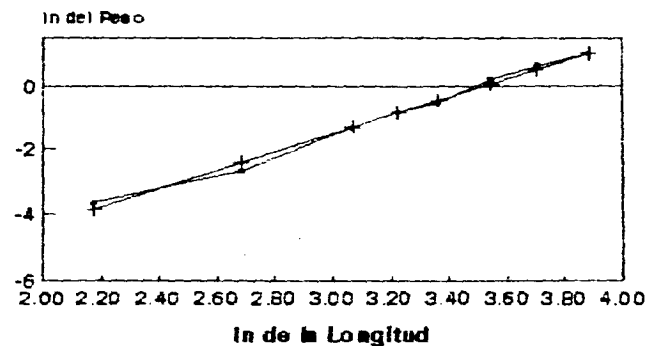
Real + Ajuste

GRAFICA 16: Longitud total vs. Peso en el grupo Control (réplica) de las crías de *O. mossambicus*



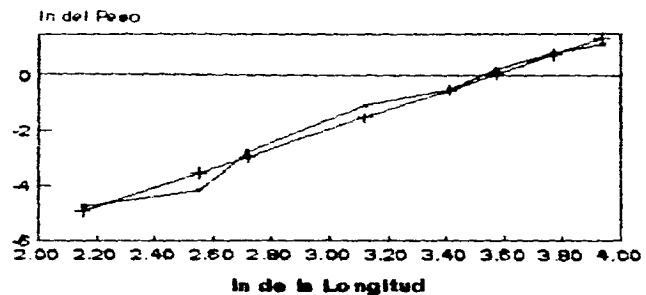
Real + Ajuste

GRAFICA 17: Longitud total vs. Peso en el grupo tratado con Esteres de testosterona (réplica)



Real + Ajuste

GRAFICA 18: Longitud total vs. Peso en el grupo tratado con Propionato de testosterona (réplica)



Real + Ajuste

- Relación peso longitud (regresión lineal).

Según podemos apreciar en las tablas de la regresión lineal que se aplicó al peso vs. la longitud (XV-XX); la pendiente de 4 de los 6 grupos se encuentra por encima o por debajo de los valores que da Serrano (1990) para determinar que el crecimiento es isométrico; esto podría parecer indicar que el crecimiento es alométrico, sin embargo el mismo autor menciona que la proporción peso-longitud varía de acuerdo a la época del año, la disponibilidad de alimento, etc.; además sería necesario hacer un seguimiento durante 1 año para establecer el valor real de la pendiente, lo cual nos daría como respuesta si el crecimiento es isométrico o no; es por esto que los valores obtenidos en el presente trabajo no son determinantes para establecer si el crecimiento es isométrico o no. Es al realizar el análisis de las gráficas de regresión lineal (13, 14, 15, 16, 17 y 18) que se observa que los datos se hallan poco dispersos de la línea de ajuste calculada lo cual nos dice que el crecimiento de estos organismos es isométrico o tiene una tendencia hacia la isometría. Cabe destacar que los datos mejor ajustados a la línea de referencia son los pertenecientes a los grupos B.

- Ecuación de crecimiento de von Bertalanffy.

Por último se presentan las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy.

Según Ford-Walford (1949) tomado de Gómez 1994.

Grupo Control (1A)

Lt	Lt+1
8.83	12.1
12.1	13.63
13.63	22.64
22.64	31.65
31.65	36.66
36.66	44.18
44.18	51.7

$$r = 0.9845$$

$$r^2 = 0.9693$$

$$A = 3.9026$$

$$B = 1.0916$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.0916$$

$$K = -0.0877$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-k}) = 3.9026 / (1 - 2.7182 \cdot e^{(-0.0877)})$$

$$L_{\infty} = 42.58$$

Grupo Esteres de Testosterona (IIA)

Lt	Lt+1
9	14.54
14.54	21.3
21.3	27.75
27.75	34.2
34.2	36.35
36.35	38.5
38.5	55

$$r = 0.9324$$

$$r^2 = 0.8694$$

$$A = 4.6381$$

$$B = 1.0745$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.0745$$

$$K = -0.0718$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-k}) = 4.6381 / (1 - 2.7182 \cdot e^{(-0.0718)})$$

$$L_{\infty} = 62.30$$

Grupo Propionato de testosterona (IIIA)

Lt	Lt+1
8.77	12.66
12.66	14.79
14.79	21.17
21.17	27.55
27.55	33
33	41.1
41.1	49.15

$$r = 0.9952$$

$$r^2 = 0.9904$$

$$A = 2.4377$$

$$B = 1.1466$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.1466$$

$$K = -0.1368$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-K}) = 2.4377 / (1 - 2.7182^{-(-0.1368)})$$

$$L_{\infty} = 16.63$$

Grupo Control (IB)

Lt	Lt+1
8.96	13.43
13.43	19.38
19.38	25.38
25.38	31.13
31.13	37.23
37.23	41.26
41.26	62.13

$$r = 0.9530$$

$$r^2 = 0.9083$$

$$A = 0.6463$$

$$B = 1.2752$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.2752$$

$$K = -0.2431$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-K}) = 0.6464 / (1 - 2.7182^{-(-0.2431)})$$

$$L_{\infty} = 2.35$$

Grupo Esteres de testosterona (IIB)

Lt	Lt+1
8.8	14.66
14.66	21.47
21.47	25.2
25.2	28.92
28.92	34.76
34.76	40.6
40.6	48.65

$$r = 0.9917$$

$$r^2 = 0.9836$$

$$A = 4.6410$$

$$B = 1.0422$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.0422$$

$$K = -0.0413$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-K}) = 4.6410 / (1 - 2.7182^{-(0.0413)})$$

$$L_{\infty} = 110.07$$

Grupo Propionato de testosterona (HIB)

Lt	Lt+1
8.6	12.8
12.8	15.3
15.3	22.7
22.7	30.25
30.25	35.5
35.5	43.4
43.4	51.25

$$r = 0.9927$$

$$r^2 = 0.9855$$

$$A = 3.5213$$

$$B = 1.1069$$

$$K = -\ln B = -\ln 1.1069$$

$$K = -0.1016$$

$$L_{\infty} = a / (1 - e^{-K}) = 3.5213 / (1 - 2.7182^{-(0.1016)})$$

$$L_{\infty} = 32.93$$

Aunque pudieron obtenerse los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy esta no llegó a aplicarse debido a que como se observa en los valores de las L_{∞} son inferiores a los valores del último muestreo (Tablas I y II), por lo que no se ajustan al modelo de crecimiento.

Se intentó obtener los valores de las constantes de la ecuación de Bertalanffy por otros métodos como el de Gulan y el de Beverton y Holt, observándose que en todos se obtenían los mismos valores de L_{∞} ; por lo que se decidió presentar los resultados hasta donde era posible obtenerlos.

Como explicación a esto se puede decir que el modelo de crecimiento de von Bertalanffy está diseñado y pensado para obtener las longitudes de organismos de poblaciones naturales, no de organismos en condiciones controladas, pues es gracias a este modelo que podemos tener una aproximación de el crecimiento de un organismo que no sabemos que tipo de influencias hay en su medio que favorezcan o limiten el mismo, pero dadas las condiciones en que se mantuvieron los individuos del presente trabajo fue posible controlar todo lo que influyó en su crecimiento (excepto la densidad). Además de acuerdo a la bibliografía consultada acerca de el empleo de modelo de von Bertalanffy se vio que los intervalos de edad están calculados por medio de lecturas de escamas, otolitos y otras estructuras óseas con ayuda de modelos matemáticos como el retrocálculo de Lea para la obtención del intervalo de longitud, es decir sólo se toman pocas tallas y con ayuda del retrocálculo se obtienen las tallas y los intervalos de edad, todo lo demás se calcula con el modelo de von Bertalanffy.

Además otro factor que pudiera estar influenciando los resultados erróneos de L_{∞} pudiera ser el intervalo de tiempo entre muestreo y muestreo, ya que lo que se observó en la bibliografía consultada es que los muestreos se realizaban cada mes como mínimo y el intervalo de tiempo de los muestreos del presente estudio era cada 15 días pudiendo dar esto como resultado que aunque aquí intenten tratarse como edades diferentes las de cada muestreo, las edades abarquen un intervalo de tiempo mayor como 1 mes o un poco más. También pudiera ser que según lo observado en otros estudios en donde se aplicó el modelo de Bertalanffy se trabajaba con organismos si no adultos, si ya en una edad próxima a la madurez sexual, en este trabajo se usaron animales de edades muy tempranas. Otro factor que pudiera influir también en este es que los otros estudios consultados trabajan con distintas cohortes y en el presente estudio se trabaja con una misma cohorte. En los estudios realizados por Serrano en 1990 se observa que él utilizó el peso como el factor a utilizar en el modelo de Bertalanffy y menciona que la medida que muestra menos errores es la longitud patrón; debido a el pequeño tamaño de los organismos con los que se realizó este estudio era muy difícil tomar la longitud patrón, por lo que se tomó la longitud total, la cual según este autor pudiera acarrear ciertos errores

VI.-Conclusiones

Podemos concluir que la administración de esteroides si acelera el crecimiento de los peces, por lo que resulta útil para la aplicación en organismos sometidos a cultivo destinados al consumo. Estos esteroides se aplican por vía del alimento sólo durante el primer mes de vida de los organismos y después sólo se proporciona alimento sin hormona, siendo suficiente la administración inicial para lograr un crecimiento más acelerado en los peces. Esto puede hacerse sin peligro ya que según estudios realizados con hormonas con marcadores radioactivos la hormona administrada se elimina del músculo después de 1 mes de la suspensión del alimento preparado con la misma.

Dados los resultados del presente estudio no se puede definir cuál de las dos hormonas utilizadas es la óptima para acelerar el crecimiento de los organismos, ya que como se vio en la discusión de resultados en la primera repetición (grupos A) fue el grupo tratado con ésteres de testosterona el que logró un mayor crecimiento, pero en la segunda repetición (grupos B) fue el tratado con propionato de testosterona el que logró un mayor crecimiento. Sin embargo es notorio que a pesar de la densidad tan baja en el grupo Control (IB) de la segunda repetición los esteroides lograron un mayor crecimiento en los organismos de los grupos experimentales.

Aunque no fue estadísticamente significativo si se observa una mayor mortalidad en los grupos no tratados con hormonas; presentando una mayor sobrevivencia los grupos tratados.

Por lo antes mencionado se sugiere que la realización de más estudios para lograr discernir cuál de las dos hormonas es la más efectiva en la promoción del crecimiento, así como precisar si estos esteroides bajan la tasa de mortalidad incrementando los porcentajes de sobrevivencia.

Los días más críticos en la sobrevivencia de los organismos (independientemente de que se hable de grupos tratados o no) son del día 0 al día 45 disminuyendo notablemente la mortalidad una vez pasado este tiempo.

A pesar de que las hormonas logran acelerar el crecimiento de los peces este sigue siendo diferencial entre los miembros de una misma cohorte dando como resultado individuos de distintas tallas, por lo que se sugiere que se separen los animales según su talla en otros estanques, para de esta manera evitar un crecimiento aún más diferencial.

No se utilizó el modelo de Bertalanffy debido a que tiene una aplicación más amplia en pesquerías que en piscicultura.

Lo cierto es que aunque debido a esto no pudieron obtenerse las tallas esperadas y confrontarlas con la observadas por medio de la J_i , si se cumplieron los otros objetivos que se plantearon en el inicio del trabajo

Es conveniente el uso de las hormonas comerciales debido a que acorta los tiempos de alcance de la talla comercial en los organismos de consumo y al tener estas un bajo costo y utilizar una cantidad muy pequeña para preparar 1 kg. de alimento el cual rinde bastante se traduce esto una ganancia de dinero en cuestiones de producción.

Este tipo de investigaciones queda abierta a realizar más ensayos para encontrar el esteroide óptimo para el crecimiento de los peces en cultivo y para estudiar los posibles efectos a largo plazo que pudiera tener en el metabolismo del pez y las alteraciones que a nivel visceral pudiera causarle.

VII.-Literatura Citada.

Balarin, D.J. (1979) Tilapia: A Guide to their Biology and Cultured in Africa. University of Stirling Scotland pp-174

Basavaraja, N., et al (1990) Induction of sex reversal in *Oreochromis mossambicus* by diethylstilbestrol. Journal Appl. Ichtyol. 6 (1990) 46-50 Hamburg und Berlin.

Chaudhary MA, (1991). Oral administration of thyroxine and triiodothyronine on growth and food conversion of *Oreochromis mossambica* and *Cyprinus carpio*. Pak. J. Zool.; vol. 21, no. 4, pp. 307-318

Daniel, W.W. (1991) BIOESTADISTICA Base para el análisis de las ciencias de la salud 3ª LIMUSA. Mex. D.F. pp-667

Gómez, A. S. y Arenas, F. V. (1987) Contribuciones en Hidrobiología. UNAM. México D.F. pp-37-89

Gómez, M. J.L. (1994) Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. UNAM FES Zaragoza. México. D.F. pp-89

Guerrero III, R.D y I. A. Guerrero (1988) Feasibility of commercial production of sex-reversed Nile Tilapia Fingerlings in the Philippines 2th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Manila Philippines. pp-183-186

Günther, S. (1962) The Fresh Water Fishes of the World S/E pp-878

Hernández B.S. (1983) Revisión sobre el uso de esteroides en la inversión sexual de las Tilapias. SEPESCA Inédito.

Howerton RD (1992). Changes in the growth rate of *Oreochromis mossambicus* following treatment with the hormones, triiodothyronine and testosterone. THE SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE. BANGKOK, THAILAND. 16-20 March 1987, pp-598

Huet, M. (1983) Tratado de Piscicultura 3a Mundi-Prensa Madrid España pp-749

Jensen et al. (1979) Effects of estrogens on *Tilapia aurea*: implications for production of monosex genetic male tilapia. Aquaculture Amsterdam. pp-233-242

Johnstone et al. (1983) Elimination of orally administered 17 α methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (tilapia) and *Salmo gairdneri* (rainbow trout) juveniles. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. pp-249-257

Lagler, K.F., et al (1990) Ictiología AGT México D.F. pp-489

Loeza, F.M.E. (1993) Efecto del Olaquinox como promotor del crecimiento en tilapia *Oreochromis mossambicus*. Tesis Profesional. Biólogo. Facultad de Ciencias UNAM.

López, R.R.M. (1994) Aspectos ecológicos de los gasterópodos asociados a pastos marinos y su relación con parámetros ambientales y sedimentos en la Laguna Bojorquez y Cuenca Norte del sistema lagunar Nichupte, Quintana Roo, México. Tesis Profesional. Biólogo, Facultad de Ciencias UNAM. México 64 Pp.

Lowe-McConnell, R.H. (1991) Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African Great Lakes in CICHLID FISHES: Behaviour, ecology and evolution. Editorial Chapman & Hall. G.B. University of Cambridge. pp-60-85

Manzano, V.B. (1990) Polyculture systems using grouper (*Epinephelus tauvina*) and tilapia. THE SECOND ASIAN FISHERIES FORUM. Tokio, Japan 17-22 pp-213-216

Martínez P.C.A. y Chávez, M.M.C. (1988) Algunos aspectos de la nutrición de las Tilapias. Revista Acuavisión Fondepesca Año III No. 14 Mayo-Junio 1988 pp-4-5 México D.F.

Menchaca I.J.C. (1992) Evaluación de la Bacitracina-Zinc como promotor de crecimiento en Tilapias (*Oreochromis mossambicus*, Peter 1852), mantenidas bajo anestesia con alcohol etílico. Tesis Profesional. Biólogo, Facultad de Ciencias UNAM México 58 pp.

Morales, D.A. (1991) La Tilapia en México. AGT México D.F. pp-190

Nagy, A., et al (1981) Sex reversal in Carp (*Cyprinus carpio*) by oral administration of Methyltestosterone. Canadian Journal Fisheries Aquatic Science Vol. 38:725-728

Nelson, J.S. (1994) Fishes of the World 3^a ed. Wiley inc. New York USA pp- 600

Pérez Z.A. (1993) Comparación de la eficiencia de dos esteroides en la inducción a la reversión sexual en la Tilapia roja *Oreochromis mossambicus* Peter, 1852 (Pisces. Cichlidae). Informe Final del Servicio Social; Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Reddy PK (1992) Role of thyroid hormones in tilapia larvae (*Oreochromis mossambicus*). I. Effects of the hormones and an anti-thyroid drug on yolk absorption, growth and development. Fish Physiol. Biochem.; vol. 9, no. 5-6, Pp 473-485

Santiago, C.B. (1985) The effects of artificial diets on fry production and growth of *Oreochromis niloticus* breeders. Aquaculture Elsevier Science Publishers 47 (1985) Amsterdam, Netherlands pp-193-203.

Serrano G., R.J. (1990) Estudio comparativo de la Tasa de Crecimiento en Tilapias (*Oreochromis niloticus* ^{Linnæus 1757}) mantenidas en cultivos intensivos mono y heterosexuales en el Centro Acuicola de Zacatepec Morelos. Tesis Profesional. Biólogo, Facultad de Ciencias UNAM México 76 Pp.

Shelton et al. (1981) Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. Aquaculture. Amsterdam. pp-59-65

Sria de Pesca (1986) Piscicultura de agua dulce pp-461

Sria. de Pesca (1986) Anuario Estadístico de Pesca pp-357

Sria. de Pesca (1987) Anuario Estadístico de Pesca pp-351

Tayamen, M.M., et al (1978) Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). Aquaculture, 14 (1978) 349-354 Amsterdam, Netherlands.

Varadaraj K, (1991) Effect of solubilizing 17 alpha -ethynyltestosterone in three different solvents on sex reversal of Mozambique tilapia. Prog. Fish-Cult.; vol. 53, no. 2, Pp. 67-71

FORMA PARA CONTROL DE ALIMENTACION DE CRIAS

PROYECTO:
ACUARIO No.:
GRUPO:

	Inicio	Reajuste	Reajuste	Reajuste	Reajuste
Fecha					
Biomasa a total					
No. de org.					
W prom. 15% biomasa					
Peso de c/ ración					
FECHA	RACION 1	RACION 2	RACION 3		

