

T/639.2/A652

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

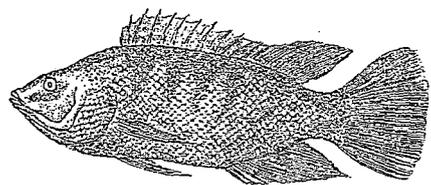


**“COMPARACIÓN DE CRECIMIENTO EN  
AGUA MARINA Y CONTINENTAL DE  
TILAPIA ROJA *Oreochromis spp.*, EN TANQUES  
CIRCULARES CÓNICOS”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO.

**SUZAN ARANDA LUNA**

Callao, Agosto del 2007  
PERÚ



## ÍNDICE

Índice de contenidos	i
Lista de Tablas	v
Lista de Figuras	vi
Dedicatoria	ix
Agradecimientos	x
Resumen	xi
Introducción	xii
<b>CAPITULO I. PROBLEMA</b>	
1.1. Formulación y descripción del problema	1
1.2. Justificación	2
1.3. Importancia	3
<b>CAPÍTULO II. OBJETIVOS</b>	
2.1. Objetivo General	5
2.2. Objetivos Específicos	5
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO</b>	
3.1. Taxonomía de la tilapia roja	6
3.2. Origen del híbrido de tilapia roja	6
3.2.1. Características del híbrido de tilapia roja	10
3.2.1. Producción de tilapia híbrida en el Perú	11

3.3. Zonas propicias para el cultivo de tilapia en el Perú	12
3.4. Aspectos técnicos de la producción	14
3.4.1. Tipos de cultivos	14
3.4.2. Requerimientos físico – químicos de la Tilapia	17
3.4.2.1. Temperatura	18
3.4.2.2. Salinidad	19
3.4.2.3. Oxígeno	20
3.4.2.4. pH	21
3.4.3. Alimentación	23
3.4.3.1. Características de un buen alimento	24
3.4.3.2. Ventajas de los alimentos extruídos	26
3.4.3.3. Cantidad de alimento	26
3.4.3.4. Frecuencia alimentaría y sobrealimentación	27
3.5. Cultivo en tanques	29
3.6. Experiencias de cultivo de tilapia roja en agua de mar	34
3.6.1. Proceso de ósmosis	34
3.6.2. Adaptación al agua de mar	36
3.6.3. Cultivo de tilapia en agua de mar	39
3.7. Exportaciones peruanas de Tilapia	42
 <b>CAPÍTULO IV. HIPÓTESIS</b>	
4.1. Hipótesis de investigación	45
4.2. Variables de estudio	45
4.2.1. Variable independiente	45

4.2.2. Variable dependiente	45
-----------------------------	----

## **CAPÍTULO V. METODOLOGÍA**

5.1. Tipo y nivel de la investigación	46
5.2. Diseño de la investigación	46
5.3. Descripción y ubicación del área de trabajo	47
5.4. Materiales, equipos y técnicas para la recolección de datos	47
5.4.1. Materiales	47
5.4.2. Equipos	48
5.4.3. Selección y transporte de la población	49
5.4.4. Abastecimiento de agua	50
5.4.5. Acondicionamiento de tanques, recepción y aclimatación	50
5.4.6. Preparación de tanques de experimentación	52
5.4.7. Siembra de alevines en tanques de experimentación	53
5.5. Técnicas para el procesamiento de datos	57
5.5.1. Procesamiento de datos	58

## **CAPITULO VI. RESULTADOS**

6.1. Crecimiento	60
6.1.1. En Peso (g)	60
6.1.2. En Longitud (cm)	65
6.2. Relación Peso – Longitud	70
6.3. Factor de condición	72
6.4. Tasa de crecimiento	74

6.5. Conversión alimenticia	74
6.6. Parámetros físico-químicos	74

## **CAPITULO VII. DISCUSIONES**

7.1. Crecimiento	79
7.2. Conversiones alimenticias	82
7.3. Factor de condición	83

## **CAPITULO VIII. CONCLUSIONES**

85

## **CAPÍTULO IX. RECOMENDACIONES**

87

## **CAPITULO X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

89

## **ANEXOS**

Anexo A. Prueba de sabor.

Anexo B. Alimentación.

Anexo C. Parámetros para el cultivo de tilapia.

Anexo D. Tablas con resultados del programa estadístico SPSS.

Anexo E. Glosario

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Producción acuícola nacional	13
<b>Tabla II.</b> Clasificación de sistemas de cultivo basados en la capacidad de producción.	17
<b>Tabla III.</b> Efectos de las diferentes concentraciones de oxígeno en el estanque	21
<b>Tabla IV.</b> Solubilidad del oxígeno en agua dulce y agua de mar.	22
<b>Tabla V.</b> Solubilidad del O <sub>2</sub> en función de la temperatura y de la salinidad.	25
<b>Tabla VI.</b> Exportación de tilapia según las empresas 1999 – 2004 (kg)	43
<b>Tabla VII.</b> Exportación nacional de tilapia, según destino de 1999 – 2004 (kg)	44
<b>Tabla VIII.</b> Exportación nacional de tilapia según destino 1999 – 2004 (US\$)	44
<b>Tabla IX.</b> Variaciones del crecimiento en peso (g) de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	61
<b>Tabla X.</b> Variaciones del crecimiento en longitud (cm), de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	66
<b>Tabla XI.</b> Ecuaciones de correlación para peso – longitud.	70
<b>Tabla XII.</b> Factores de condición de la tilapia roja, <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	72
<b>Tabla XIII.</b> Promedios de factores físico – químicos en los tratamientos.	75
<b>Tabla XIV.</b> Variaciones de las tasas de crecimiento y conversión alimenticia, de tilapia roja, <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	76

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción acuícola nacional.	14
<b>Figura 2.</b> Estómago e intestino de la Tilapia.	29
<b>Figura 3.</b> Cultivo de tilapia en tanques circulares bajo ambiente controlado.	30
<b>Figura 4.</b> Cultivo de tilapia en tanques circulares en ambiente controlado y al aire libre.	31
<b>Figura 5.</b> Campo de velocidad del efecto teacup.	34
<b>Figura 6.</b> Resumen de los procesos de intercambio iónico y osmorregulación en teleósteos de agua dulce y marinos.	36
<b>Figura 7 y 8.</b> Selección de alevines por color, forma y tallas.	49
<b>Figuras 9 y 10.</b> Preparando el transporte de alevines en bolsas de doble densidad con oxígeno.	50
<b>Figuras 11 y 12.</b> Aclimatación de alevines antes de ser introducidos al tanque de recepción.	51
<b>Figuras 13 y 14.</b> Traspaso cuidadoso de alevines de tilapia hacia el tanque de recepción.	52
<b>Figura 15.</b> Electromagnetic air pump.	53
<b>Figura 16.</b> Piedra Difusora	54
<b>Figura 17.</b> Llave de salida de agua.	54
<b>Figura 18.</b> Estado del fondo del tanque antes de ser limpiado en su totalidad.	55
<b>Figura 19.</b> Vaciado del tanque con tilapias aún dentro.	55
<b>Figura 20.</b> Vaciado de dos tanques.	55
<b>Figura 21.</b> Sacando aros para limpieza.	55

<b>Figura 22.</b> Limpieza de aros con agua potable y escobillas.	55
<b>Figura 23.</b> Llenado de tanque.	55
<b>Figura 24.</b> Conectando aireadores.	56
<b>Figura 25.</b> Tilapias en agua limpia.	56
<b>Figura 26.</b> Alimento extruído de Alicorp para crecimiento.	56
<b>Figura 27.</b> Método de Winkler.	57
<b>Figura 28.</b> Medición de pH y oxígeno.	57
<b>Figura 29.</b> Preparación de materiales y equipos par el muestreo biométrico.	57
<b>Figura 30.</b> Captura del ejemplar para el control biométrico.	58
<b>Figura 31.</b> Fluctuaciones del crecimiento en peso (g) de tilapia roja , <i>Oreochromis spp.</i> con sus valores máximos y mínimos, en agua marina y agua continental.	62
<b>Figura 32.</b> Incremento en peso de las medias, de tilapia roja, <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	63
<b>Figura 33.</b> Relación de crecimiento en peso, de Tilapia roja, <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	64
<b>Figura 34.</b> Fluctuaciones del crecimiento en longitud (cm), de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> con valores máximos y mínimos, en agua marina y agua continental.	67
<b>Figura 35.</b> Incremento de longitud de las medias, de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	68
<b>Figura 36.</b> Relación de crecimiento en longitud (cm) de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	69

<b>Figura 37.</b> Relación longitud - peso, de Tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	71
<b>Figura 38.</b> Valores del factor de condición, de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	73
<b>Figura 39.</b> Variación de la tasa de crecimiento (TC), de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> en agua marina y agua continental.	77
<b>Figura 40.</b> Variación de la conversión alimenticia (Ca), de tilapia roja <i>Oreochromis spp.</i> En agua marina y agua continental	78

## **DEDICATORIA**

A mis padres por todo lo que me han brindado, a mis abuelos por su constante preocupación. A todos ellos les dedico mi tesis, por su infinita paciencia, cariño y comprensión.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente al Ing. Antonio Mariluz Fernández por su permanente asesoría para realizar la presente investigación y por la confianza depositada en mí durante tanto tiempo.

A los compañeros del laboratorio, quienes estuvieron realizando sus trabajos experimentales paralelamente y salimos adelante a pesar de las adversidades que los trabajos experimentales suelen presentar: Jimmy Dávila, y Franklin Cárnica. Gracias a los practicantes del laboratorio de acuicultura: Anibal Boca y Germán Torres. Así como el practicante de reproducción Rolando Pahuacho, quienes brindaron sus ánimos, ayuda y buena compañía.

A la Ing. Gloria Gutiérrez Romero, Ing. José Cáceres, Ing. Walter Tarazona y al encargado de almacén Juan Loro, por brindarme todo su apoyo durante mi permanencia en el laboratorio.

A mi familia: Alberto, Teresa, Alan, Victoria, Elvira, Gaby y Angel, por su apoyo incondicional, sobretodo a mis padres ya que gracias a ellos estoy culminando mi carrera universitaria.

## RESUMEN

En el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional del Callao, entre junio y diciembre del 2003, se comparó el crecimiento de tilapia roja revertida sexualmente, *Oreochromis spp.* en agua marina y continental. Las condiciones de cultivo fueron dadas por duplicado, en tanques circulares cónicos de fibra de vidrio. Inicialmente los individuos contaban con 2,36 g. en agua marina y 2,54 g. en agua continental, mostrando que después de 154 días de suministrarles alimento artificial, los pesos (g) fueron de  $91,27 \pm 16,40$  en agua marina y  $73,75 \pm 10,64$  en agua continental. La densidad mantuvo constante durante el experimento siendo ésta de 30 peces/tanque. En el mismo orden las tasas de crecimiento fueron de  $0,58 \pm 0,22$  y de  $0,46 \pm 0,19$  g/día respectivamente, no registrándose diferencia significativa ( $P>0,05$ ) entre los tratamientos de agua.

## ABSTRACT

At the Fishery engineering laboratory of the National University of Callao, between june and december 2004, the growth of sex-reversed red tilapia *Oreochromis spp.* in marine and continental water, was compared. The culture conditions were carried out in duplicates and in glass fibre circular tanks. Inicially tilapias had 2,36 g. in saline water and 2,54 g. in continental water, showing that after 154 days of feeding the fish whit artificial food, the weight (g) were  $91,27 \pm 16,40$  in marine water and  $73,75 \pm 10,64$  in continental water. Density was constant during the experiment being of 30 fish/tank. In the same order the growth rates were  $0,58 \pm 0,22$  g/day and  $0,46 \pm 0,19$  g/day respectively, however no significant differences ( $P>0,05$ ) were observed between the water treatments.

## INTRODUCCIÓN

Considerada como la segunda especie acuícola de mayor comercialización en el mundo después del langostino, la tilapia, está siendo consumida con mayor fuerza en los Estados Unidos de Norteamérica desde el año 2001, donde se importaron anualmente más 112 mil ton. hasta diciembre del 2004.<sup>1</sup> Esto ocasionó que países como China, Taiwán, Ecuador, Costa Rica y Honduras, entre otros, dediquen sus esfuerzos productivos y comerciales, a una especie de rápida adaptación al cautiverio y buen sabor, como es la tilapia roja.

Productores langostineros peruanos apostaron por el cultivo de esta especie como solución a las pérdidas originadas por la mancha blanca en el camarón marino y obligó a un afán de exportador de tilapia, siendo que a partir del año 2001, se presentó un intercambio comercial con Estados Unidos en el que las exportaciones del sector pesquero no tradicional crecieron en una tasa de 30% entre los años 2001 y 2004, pasando de US\$ 28,31 millones a US\$ 40,3 millones. Países como Bélgica y Noruega también son mercados para esta especie, los cuales importan parte de nuestra producción desde el año 2002. El consumo interno de tilapia, se origina a partir del año 1999, con el ingreso de tilapia entera y en filetes.<sup>2</sup> En la actualidad, la tilapia ya es comercializada con buenos resultados en varios supermercados, dado que la calidad de su carne es comparable en sabor a la de especies tradicionalmente consumidas e insuperable en cuanto a la textura y cantidad de espinas intramusculares.

---

<sup>1</sup> <http://www.nmfs.noaa.gov>

<sup>2</sup> Dávila, J. Factibilidad para la exportación de filetes frescos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) al Mercado Norteamericano (ciudad de los Ángeles – Estado de California). Tesis para optar por el título de Experto en Comercio Exterior. Escuela de Comercio Exterior de la Asociación de Exportadores, 2005. pp: 44

El hecho de introducir al país, líneas modificadas genéticamente, llamadas híbridas, hace que la tilapia roja posea grandes cualidades para su cultivo debido a que soporta altas densidades, diferentes rangos de salinidad y bajos niveles de oxígeno. El cultivo de esta especie, se está llevando a cabo en el norte de nuestro país, utilizando fuentes de aguas continentales que a los largo del año tienden a variar su volumen, originando de esta manera variaciones en la producción. Debido a la demanda de la especie, se busca aumentar el volumen de producción, utilizando cada vez mayores espacios y diversas fuentes de agua, siendo, el agua marina, una opción viable teniendo en cuenta, que las especies de tilapia evolucionaron de un antecesor marino que penetró en agua dulce, siendo así, que la tilapia nilótica puede tolerar hasta 25,5‰ de salinidad después del cambio directo de agua dulce y también puede resistir un medio salmuera de 53,3‰ de salinidad, a través de adaptación gradual.<sup>3</sup>

Es así, que surge el interés en conocer los resultados del cultivo de tilapia roja, *Oreochromis spp.*, en agua continental y agua marina, los cuales servirán para ser tomados en cuenta por los productores y realizar un plan de producción.

---

<sup>3</sup> Suk, K. "Efectos de la temperatura sobre el crecimiento, tolerancia térmica, temperatura corporal y tasa de aclimatación de tilapia mossambica bajo condiciones experimentales", Diser. Universidad de Oriente, 1983

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1: FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

La producción de especies acuícolas tiene como fin la comercialización de éstas, con bajos costos de producción, haciendo que el consumidor opte por consumir la especie con mayor frecuencia y sea ésta una opción al consumo masivo de carnes.

Los costos elevados por el uso de aguas continentales para usos acuícolas, destinadas para fines agrícolas, hace que se busquen alternativas más económicas y además por ser una especie altamente prolífera, se debe realizar un adecuado control de suministro hormonal para el cambio de sexo en los inicios de la producción, sino existiría un elevado porcentaje de individuos que pondrían en peligro a especies nativas. Todo esto hace que el productor se enfrente a un dilema, solucionado en la mayoría de veces con la construcción de estanques de tierra o tanques de cemento y utilizando el agua marina para el cultivo de especies de importancia comercial. Encontrar el mejor medio acuícola para el cultivo de la tilapia roja para la obtención mejores resultados en cuanto al crecimiento, es un problema que puede ser planteado de la siguiente manera: ¿En que tipo de agua, marina o continental, se obtendrá mayor crecimiento de tilapia roja *Oreochromis spp.*?

## 1.2: JUSTIFICACIÓN.

La tilapia roja, se convirtió en la punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los 80 en países sin tradición acuícola suramericanos como: Colombia (introducida en 1982), Venezuela (introducida en 1989) y Ecuador (introducida en 1993) en forma casi simultánea con países Centroamericanos, Caribeños y Norteamericanos. La atractiva coloración estimuló a los productores e investigadores a iniciar un acelerado e incontrolado programa de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas (strain) de tilapia roja.<sup>1</sup>

La tilapia roja, *Oreochromis* spp. ingresa a nuestro país, en el año 1996, procedentes de Panamá, gracias a la Dirección General de Medio Ambiente (D.G.M.A), Ministerio de Transportes, comunicaciones y vivienda (MTC y V) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente (CEPIS), la cual fue cultivada en aguas continentales y residuales.<sup>2</sup> En otros países de Latinoamérica como en Colombia, Cuba, Venezuela, México, etc. se viene trabajando con esta especie en agua salobre y agua de mar, puesto que presenta un excelente sistema osmorregulador, aprovechando de esta manera, grandes espacios marinos y aguas poco utilizadas para acuicultura, pero solo algunas especies de importancia comercial pueden tolerar salinidades por encima de 15 ppm.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> [www.promar.or.cr/oceanoticias/2003/diciembre/docs/Tilapia.pdf](http://www.promar.or.cr/oceanoticias/2003/diciembre/docs/Tilapia.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/86.doc>

<sup>3</sup> <http://www.bard-isus.com/propabs/3110.htm>

El cultivo de la tilapia roja en ecosistemas salobres y marinos se perfila como una actividad local interesante desde el punto de vista económico, de la sociedad y ecológico.<sup>4</sup>

### **1.3: IMPORTANCIA.**

La tilapia *Oreochromis spp.* está siendo tomada por los criadores en general, como una especie rentable que presenta resistencia a las enfermedades, fácil adaptación al cautiverio, y éstos son algunos de los factores más importantes en lo que se refiere a cultivos acuícolas, ya que significaría que se puede tener un porcentaje alto de cosecha en la producción.

La *Oreochromis spp.* es una especie de rápida adaptación al cautiverio, tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, fácil manejo, resistente a enfermedades, aceptación de dietas artificiales, buen sabor, carne blanca, rápido crecimiento. Comercialmente, presenta gran cantidad de proteínas, sabor y color agradables, pocas espinas, fácil digestión y bajo nivel de grasas saturadas., lo que produjo un incremento en el consumo mundial de la especie y originó una producción masiva en países asiáticos no solo para su exportación, sino para su consumo local. Países como Estados Unidos y Arabia Saudita, son los mayores importadores de tilapia haciendo que se vuelva la segunda especie acuícola más importante después del langostino y salmón atlántico. Siendo entonces una especie apta para el consumo humano y con características exquisitas, hace de esta

---

<sup>4</sup> <http://inp.semarnat.gob.mx/Publicaciones/Ciencia%20pesquera/ciencia15/cabrerab.pdf>

una opción a tomar en cuenta por los productores. Es importante determinar la diferencia de crecimiento en dos tipos de agua, para dar una alternativa más al productor y solucionar el problema de espacio ya que siempre ha sido considerada como especie continental, limitándose al cultivo en regiones amazónicas. El hecho de poseer zonas costeras tropicales con temperaturas en aguas marinas mayores a 24°C hace que se piense en su producción a mayor escala y porque no decirlo, sea una alternativa para asociaciones de pescadores artesanales, los cuales podrían optar por su cultivo, programando las cosechas de esta especie con épocas de escasez de especies marinas.

## **CAPITULO II.**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1: OBJETIVO GENERAL.**

- Comparar el crecimiento de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental en tanques circulares cónicos.

#### **2.2: OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la tasa de crecimiento de tilapia roja en agua marina.
- Determinar la tasa de crecimiento de tilapia roja en agua continental.
- Determinar el factor de condición de tilapia roja en agua marina.
- Determinar el factor de condición de tilapia roja en agua continental.
- Determinar las ecuaciones de crecimiento del cultivo de tilapia roja en agua marina.
- Determinar las ecuaciones de crecimiento del cultivo de tilapia roja en agua continental.
- Estimar mediante una ecuación de regresión, la relación existente entre el peso (g) y longitud (cm) de tilapia roja.
- Comparar los valores obtenidos de los parámetros fisico-químicos tales como temperatura, pH y Oxígeno.

**CAPITULO III.**  
**MARCO TEÓRICO**

**3.1: TAXONOMÍA DE LA TILAPIA ROJA.**

<b>REINO</b>	:	Animalia
<b>PHYLUM</b>	:	Chordata
<b>SUBPHYLUM</b>	:	Vertebrata
<b>SUPERCLASE</b>	:	Gnathostoma
<b>SERIE</b>	:	Piscis
<b>CLASE</b>	:	Actinopterygii
<b>ORDEN</b>	:	Perciformes
<b>SUBORDEN</b>	:	Percoidei
<b>GÉNERO</b>	:	Cichlidae
<b>ESPECIE</b>	:	<i>Oreochromis spp.</i>

(Morales, 1991)

**3.2: ORIGEN DEL HÍBRIDO DE TILAPIA ROJA.**

Dentro del género *Oreochromis*, como una “mutación albina” se reporta el primer ancestro de tilapia roja en un cultivo artesanal de tilapia *Oreochromis mossambicus* introducida desde Singapur en 1946, de coloración normal (negra)

cerca de la población de Tainan (Taiwán) en 1968. Ho Kuo (Taiwán Fisheries Research Institute) en 1969 realiza el cruce entre el macho mutante de color rojizo-anaranjado *O. mossambicus* y la hembra de coloración normal *O. niloticus*, obteniendo una generación F1 con un 25 % de alevinos de coloración rojizo-anaranjada, luego de 9 años, de cruces selectivos se logró fijar la coloración roja en el 70 a 80 % de la población.<sup>1</sup>

Se tiene conocimiento de la obtención en Taiwán de una descendencia F2 de color anaranjada rojiza de *T. mossambica* con un macho de color gris normal de *T. nilótica*. En Filipinas se obtuvo una descendencia anaranjado rojiza o dorado similar mediante el cruzamiento de una hembra híbrida de *T. mossambica* x *T. hornorum* con una variedad de *T. nilótica*. Galman y Avatlión en 1983, observaron que la tilapia roja es intermedia en varias características entre *T. mossambica*, *T. hornorum*, *T. nilótica* y *T. aurea*, y especulan que dicho híbrido se originó a partir de todas estas especies.<sup>2</sup>

En la actualidad, el fin de la hibridación es la obtención de individuos que presenten atractiva coloración, mayor tasa de crecimiento, tolerancia a aguas de bajas temperaturas, tolerancia a cambios en las características fisicoquímicas del agua, alta resistencia a enfermedades, sabor fresco, sin olor, fácil reproducción, aumento en la proporción de carne fileteable. En Junio de 1984, la empresa Macropisces Aquaculture técnica, localizada en Río de Janeiro, obtuvo alevines de tilapia roja, con un buen porcentaje de descendientes rojos; obteniendo buenos resultados de crecimiento en estanques fertilizados en un período de 6

---

<sup>1</sup> <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/86.doc>

<sup>2</sup> Pillay Y, R. Acuicultura: principios y práctica. Limusa. Editores Noriega. 1997, p. 453

meses. Una de las fases importantes en la obtención y trabajo con los híbridos de tilapia roja, es el pleno conocimiento sobre los patrones morfológicos y hereditarios que rigen la pigmentación de las tilapias, las que se encuentran gobernadas por tres grupos de cromatóforos conocidos y son:

- Melanóforos, responsables del color negro, café y rojo.
- Xantóforos o Eritróforos, responsables del color amarillo, e
- Iridóforo, responsable del color dorado.

Las líneas tilapia roja presentan un problema común para el acuicultor, y consiste en la existencia de un número de individuos en cada generación que presentan coloración normal o la presencia de parches melanísticos, no siendo estos peces considerados como individuos rojos puros. Entre los años 1975 y 1979 aparece una hembra de tilapia roja con una coloración que varía entre dorado y amarillo (Blond) que al ser cruzada con machos híbridos de tilapia roja de origen desconocido tiene una progenie de cuatro grupos de color normal (negra), café, roja y blanca con 25% cada grupo. Entre los años 1974 y 1985 se realizó un trabajo en donde luego de 400 generaciones seleccionados durante 11 años se pasa de un ejemplar de coloración normal a uno completamente albino y después rojo, a la vez que se incrementa el tamaño de la porción fileteable desde 27 hasta 44% del cuerpo, con reducción de espinas intramusculares.<sup>3</sup>

Kuo en 1987, encontró una nueva característica en un 3% de los ejemplares que es la presencia de una concavidad estrecha que se denomina “abdomen encogido” (Shrunken) y se incrementa con la depresión genética. Estos peces

---

<sup>3</sup> Hurtado N. “Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758 tilapia plateada y alevines revertidos de *Oreochromis spp.* tilapia roja, en aguas residuales tratadas de San Juan”, Diser. Universidad Nacional Federico Villareal, 2002, p. 48-50.

presentan poca visibilidad, evitan la luz, nadan lentamente cerca del fondo, crecimiento lento, baja resistencia a condiciones de stress y coloración púrpura en la región ventral durante el alevinaje. En 1982, Tave y cols., reportan dos defectos congénitos hereditarios conocidos como enanismo (Stumpbody = Dwarfish) y la espalda en sable (Sadeblack). En el año 1991, Tave, describe a la “BLOND” nilótica como una variedad determinada por la Universidad de Swansea en Gales de una población originaria del Lago de Manzala (Egipto) de color negro desteñido con gránulos de melanina pequeños y poco densos, cuyo mecanismo hereditario obedece a un gen autosómico con dominancia completa, SYRUP nilótica descrita por la Universidad de Stirling en Escocia y también proveniente del Lago de Manzala como un híbrido de color entre amarillo anaranjado con un mecanismo hereditario de las mismas características que en el caso anterior, LIGHT (Pink) nilótica encontrada en Israel a partir de stocks importados de Uganda y Ghana de igual mecanismo hereditario, su coloración es rosada y RED nilótica considerada como la tercera mutación del Lago de Manzala cuya genética obedece también a un gen autosómico de dominancia completa pero con dos fenotipos rojos. Los híbridos de tilapia roja reconocidos actualmente en todo el mundo son:<sup>4</sup>

- Tilapia Roja Taiwanesa : *O. mossambicus* x *O. niloticus* (Kuo, 1984; Pruginin y cols., 1989).
- Tilapia Roja Singapur : *O. mossambicus* mutante (Pruginin y cols., 1988).

---

<sup>4</sup> Klinge L, Lich C, y Loza A. “Estudio de Prefactibilidad para la instalación de un centro de producción de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación”, Diser. Universidad nacional Agraria de la Molina. Lima, 2000, p. 50.

Tilapia Roja Florida	: <i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepis hornorum</i> (Sipe, 1985).
Tilapia Roja Aurea	: <i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepis hornorum</i> x <i>O. aureus</i> .
Tilapia Roja Manzala	: <i>O. niloticus</i> (egipcia) mutante. (Mc. Andrew y cols., 1988; Tave, 1991).
Tilapia Roja Tailandesa	: <i>O. niloticus</i> roja.
Tilapia Roja Yumbo N° 1	: <i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepis hornorum</i> x <i>O. niloticus</i> (Castillo, 1990)
Tilapia roja Yumbo N° 2	: <i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepis hornorum</i> x <i>O. niloticus</i> x <i>O. aureus</i> (Castillo, 1990).

### 3.2.1: CARACTERÍSTICAS DEL HÍBRIDO DE TILAPIA ROJA.

- Coloración muy atractiva.
- Cuerpo comprimido, raramente alargado.
- Boca protráctil, generalmente ancha y a menudo labios gruesos.
- Dientes cónicos y en algunas ocasiones dientes incisivos.
- Membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y número variable de branquiespinas según la especie.
- La línea lateral interrumpida y generalmente dividida en dos partes.
- Escamas cicloideas.
- Número de vértebras puede ser de 8 – 40.

- Su condición genética y exigencia en rendimientos (crecimiento, carne) obliga a su alimentación con alimentos balanceados comerciales.
- Resistente a enfermedades.
- Altamente reproductiva e incuba sus huevos en la boca.
- Pueden adaptarse a salinidades entre 0 a 42‰, soportan temperaturas de hasta 32°C y resisten bajos niveles de oxígeno (1 – 3 mg/l) y de pH.
- Baja tasa de conversión alimenticia (TCA).
- Es una especie rentable.

### **3.2.2: PRODUCCIÓN DE TILAPIA HÍBRIDA EN EL PERÚ.<sup>5</sup>**

La tilapia roja ingresa a nuestro país en los meses de octubre y noviembre de 1996, como parte complementaria de otro lote de reproductores grises (con el objetivo de renovar la sangre), procedentes de la Estación Divisa, Panamá (línea Costa Rica), ingresando para el proyecto de Acuicultura en aguas residuales tratadas de San Juan de Miraflores, financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD), Banco Mundial (BM) y la GTZ de Alemania. Esta línea fue mejorada con respecto a su rusticidad, ya que ha sido expuesta a difíciles condiciones ambientales durante los últimos 5 años. Como resultado se tiene una línea que hasta la fecha no ha mostrado problemas sanitarios. Igualmente se está manejando la línea

---

<sup>5</sup> “Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758 tilapia plateada y alevines revertidos de *Oreochromis spp.* tilapia roja, en aguas residuales tratadas de San Juan”, Diser. Universidad Nacional Federico Villareal, 2002, p. 50,52

costarricense de tilapia roja tetrahíbrida, material que inicialmente se trabajó en San Juan y que ahora se está reproduciendo en el hatchery de Tilapia Perú en Piura. Se sabe que un pequeño lote de cuatro líneas de tilapia procedentes de estados Unidos fueron introducidos por la empresa Santa Mónica para su producción privada en Piura, pero no se tiene referencias de sus cualidades y rendimientos. Por último, la Empresa Congelados y Exportaciones S.A. de Tumbes trabajo en el año 2001 con alevinos importados de Ecuador. Se entiende, se trata de la misma línea de tilapia roja tetrahíbrida que se maneja en Perú.

### **3.3: ZONAS PROPICIAS PARA EL CULTIVO DE TILAPIA EN EL PERÚ.**

Los cultivos de tilapia en la amazonía peruana, básicamente se han desarrollado en selva alta y en Pucallpa. Existen varios valles de selva alta en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Huánuco, Pasco, Junín, Cusco, Huancavelica, Ayacucho, Madre de Dios y Puno, los mismos que presentan buenas condiciones para desarrollar el cultivo de tilapia nilótica (calidad de agua, suelos, terrazas amplias, temperaturas apropiadas); asimismo en dichos valles se producen diferentes insumos (granos) para la elaboración de alimentos. Mediante el Decreto Supremo N° 010-2000-PE se autorizó la siembra y cultivo de la especie tilapia en ambientes artificiales del departamento de San Martín, aprobándose con Resolución Ministerial N° 328-2000-PE el “Plan de Manejo de la tilapia” en dicho departamento. Otra zona con potencial para el desarrollo del

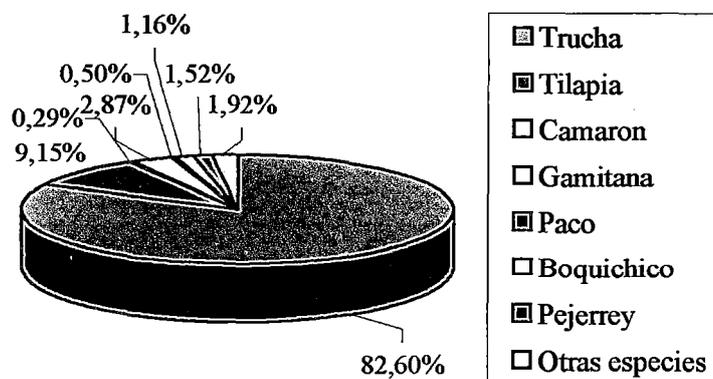
cultivo de esta especie es la costa norte del país. En tal sentido, a través de la R.M. N° 277-99-PE, se aprobaron las condiciones técnicas para dedicarse al cultivo de tilapia en la costa. Asimismo, con R. M. N° 015- 2000-PE, se autoriza por excepción a las personas que cuenten con autorización a para dedicarse al cultivo de langostino en el departamento de Tumbes a diversificar su actividad mediante el cultivo de tilapia roja. En cuanto a producciones, la acuicultura en el Perú se ha identificado básicamente con la maricultura, en las cuales en su mayoría son dedicadas a producciones a mayor escala a través del cultivo de langostinos y concha de abanico, mientras que en acuicultura continental la mayoría de autorizaciones está relacionada a la subsistencia siendo el recurso más difundido la trucha y, últimamente, la tilapia, que tiene una participación del 3% de la producción acuícola nacional.

**Tabla I.** *Producción Acuicola Nacional (1999 – 2004)*

<b>Especies</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>Total</b>
Trucha	1608	1857	2675	2981	3111	4699,38	16931,38
Tilapia	60	47	225	121	112	1310,61	1875,61
Camarón	16	13	6	7	7	11,15	60,15
Gamitana	57	14	19	54	203	240,39	587,39
Paco	5	26	20	36	9	5,83	101,83
Boquichico	28	11	7	6	103	82,26	237,26
Pejerrey	-	-	-	1	148	162,25	311,25
Otras especies	27	81	25	26	49	185	393

Fuente : DNA  
 "0" : Cifra inferior a 0,5 TM.  
 (-) : No se dispone de información.

**Figura 1. Producción Acuícola Nacional  
(1999 - 2004)**



Fuente : DNA  
 "0" : Cifra inferior a 0,5 TM.  
 (-) : No se dispone de información.

### 3.4: ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PRODUCCIÓN

#### 3.4.1: TIPOS DE CULTIVOS

La piscicultura se puede clasificar de acuerdo con el tipo de producción, el grado de manejo y la tecnología aplicada, en: extensiva, semi-intensiva, intensiva y superintensiva. De acuerdo con el número de especies que se encuentren involucrados en el cultivo, se empleará el término monocultivo en el caso del cultivo de una sola especie y policultivo si se trata de dos o más especies. Si se complementa o combina con otras actividades agropecuarias se habla de cultivos integrados. La piscicultura extensiva es la que se realiza con fines de repoblación y/o aprovechamiento de cuerpos de agua no construidos con este objetivo (embalses, préstamos, lagunas y abrevaderos), bien sean naturales o artificiales, dejando que los peces

subsistan del alimento natural que allí se produzca. En este sistema de cultivo no se proporciona alimento suplementario y la cosecha se practica en el momento que se detectan animales de talla comercial. Las densidades a las cuales se siembran los organismos son bajas y la intervención del hombre se limita a la siembra y al aprovechamiento de estos organismos.

La piscicultura semi-intensiva se practica en forma similar a la extensiva, pero en este caso se usan estanques o reservorios construidos por el hombre para este fin. Las técnicas de manejo se limitan a la siembra de los peces, abonamiento y preparación del estanque en forma incipiente y esporádica. En ocasiones, si se suministra algún tipo de alimento estará compuesto por desechos domésticos y residuos agrícolas. Cuando se suministra alimento concentrado es de bajo contenido proteico. Se emplean densidades un poco más altas que en el sistema anterior y se efectúa poco control sobre el cultivo. Con esta modalidad hay una mayor producción, debido al suministro de alimento y de abonamiento.

La piscicultura intensiva se efectúa básicamente con fines comerciales y para ello se necesitan estanques técnicamente construidos con entradas y salidas de agua. Las cosechas y las siembras se llevan a cabo periódicamente, obedeciendo a una programación de la producción. Se realiza un control permanente de la calidad del agua y se practican abonamientos frecuentes con estiércol de animales y/o fertilizantes químicos. Se suministra diariamente alimento concentrado con elevados niveles de proteína y se programa la densidad de siembra, la cual varía de acuerdo con la especie y el grado de

explotación. Se aplica una mayor tecnología, cuya base está dada por los recambios de agua continuos y/o la aireación. En lagos, represas y embalses también se pueden llevar a cabo cultivos intensivos, mediante la utilización de jaulas flotantes.

La piscicultura superintensiva, la cual se ha desarrollado en los últimos años como consecuencia de los avances tecnológicos, consiste en aprovechar al máximo la capacidad del agua y los estanques. La programación y la atención sobre el cultivo es total, utilizando el recambio de agua y aireación artificial, para obtener altas producciones. En ese sistema pierde importancia la producción natural y en consecuencia, se utilizan alimentos concentrados con alto contenido de proteínas (28 a 45%). El control permanente de los parámetros fisicoquímicos del agua es fundamental para la obtención de las producciones esperadas, ya que se trabaja con elevadas densidades de siembra. Regularmente se realiza un control ictiopatólogico riguroso.<sup>6</sup>

La frase, “from tree-dwellings to tows” describe aplicativamente el desarrollo de los sistemas de cultivo de tilapia en Malasia: desde el cultivo extensivo hasta semi-intensivo/intensivo y subsecuentemente a operaciones súper - intensivas. La clasificación de sistemas y los requerimientos para cada particular cultivo intensivo puede ser ampliamente tabulado como sigue en la Tabla II.<sup>7</sup> Una aproximación alternativa fue adoptada por Little (1998)

---

<sup>6</sup> <http://www.fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fd61/piscicu.html>

<sup>7</sup> [http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture\\_protoc.htm](http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture_protoc.htm)

quién categorizó los sistemas de producción de Tilapia con respecto a sus roles: “pequeña escala”, “comercial” e “industrial”.

**Tabla II.** Clasificación de sistemas de cultivo basados en la capacidad de producción.

Requerimientos	Producción ( ton/ ha/año )				
	0-1	1-15	15-20	20-100	100-1000
	Extensivo		semi-intensivo		Intensivo
Fertilización		x	x		
Alimento Suplem.			x		
Dieta completa			x	x	x
Aireación			x	x	x
Recirculación				x	x
Raceway/ Jaula					x

Fuente: Freshwater Fisheries Research centre (FFRC) (Tacon, 1997)

### 3.4.2: REQUERIMIENTOS FISICO – QUÍMICOS DE LA TILAPIA.

Las características de las aguas marinas se establecen a partir de parámetros que describen el medio inerte según sus componentes:

- Físicos: temperatura, densidad, color, transparencia, materias en suspensión.
- Químicos: Salinidad, composición iónica, gases disueltos, sales y moléculas, materia orgánica disuelta y particulada.

**3.4.2.1: TEMPERATURA:** Cada especie tiene un rango donde se desarrolla y un “mini rango” donde se encuentra en condiciones óptimas. Por ejemplo la tilapia en temperaturas que oscilan entre 19°C hasta 32°C, pero su rango ideal está entre 23°C y 28°C. Temperaturas bajas retardan los procesos metabólicos, haciendo que se requiera mas tiempo para adquirir tallas comerciales, por el contrario las altas temperaturas aceleran el metabolismo, consumen mas energía y provoca desordenes orgánicos en el pez.<sup>8</sup> Se trata asimismo de un factor capital para la acuicultura: Las especies a explotar en un determinado lugar vendrán en condicionadas en función de las temperaturas medias; existen especies de aguas cálidas (gambas, peneides, pedestales como las tilapias, ciertas carpas y mejillones), especies de aguas templadas (róbalo, dorada, mielga, carpa común, ostra, mejillón, etc.), y especies de aguas frías (salmónidos, bacalao). La temperatura de aguas litorales, y con mayor motivo, de aguas poco profundas (lagunas, lagos, estanques de cría, tomas de agua), suponen un problema para utilización en acuicultura: en efecto, esta temperatura está condicionada a la temperatura atmosférica, ya que puede existir una mezcla considerable de las aguas por efecto de los vientos y corrientes, pero igualmente éstos pueden elevar la superficie de las aguas a temperaturas diferentes. Estas zonas poco profundas, debido a su menor inercia térmica, tienden a reflejar la temperatura del aire y a volverse más calientes (en verano) o más frías (en

---

<sup>8</sup> Curso de Acuicultura Básica. Énfasis en tilapia y trucha. Instituto costarricense de pesca y acuicultura. Costa Rica, 2002, p.14

invierno) que incluso las aguas litorales de mares y océanos.<sup>9</sup> El metabolismo de las tilapias tiene una relación directa con la temperatura del agua. Generalmente dejan de consumir alimento y comienzan a presentar enfermedades con temperaturas por debajo de los 16°C a 17°C y su reproducción es inhibida por debajo de los 20°C. La temperatura letal para la mayoría de especies de tilapias se encuentra entre 10 y 11°C.<sup>10</sup>

**3.4.2.2: SALINIDAD:** La salinidad tiene una acción evidente sobre la distribución de los animales que normalmente no toleran un rango mínimo-máximo muy amplio (*Artemia salina*: de 0 a 200‰). A pesar de ello existen pocas especies, exceptuando la anguila y los salmónidos, que frecuenten indistintamente aguas dulces y aguas saladas; la salinidad y sus variaciones son por tanto una característica esencial de un asentamiento para la acuicultura: En lo que respecta a las aguas, las responsabilidades competentes de la administración francesa están incluso divididas en función de la salinidad. A veces se clasifican los medios en función de su salinidad.<sup>11</sup>

- Agua dulce : salinidad menor o igual a 0,5‰
- Oligohalina : salinidad de 0,5 a 3‰
- Mesohalina : salinidad de 3 a 16,5‰
- Polihalina : salinidad 16,5 a 30‰

<sup>9</sup> Barnabé, G. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza – España. 1996, p. 20 – 21

<sup>10</sup> Montoya, J. I. Efecto de dos niveles de proteína y energía digestible en el comportamiento productivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. Lima-Perú 2002, p: 19

<sup>11</sup> Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza – España. 1996, p. 24 – 26

- Marina : salinidad mayor a 30‰
- Hipersalina : salinidad mayor a 40‰

**3.4.2.3: OXÍGENO:** Una ventaja de cultivar esta especie es que, a pesar de tener una presión parcial baja, su sangre es capaz de saturarse de oxígeno y aún de reducir su consumo, si la concentración es inferior a 3 mg/l usando un metabolismo semi anaeróbico (por medio del cual extraen el oxígeno de la interfase agua- aire), con e cual soporta niveles de 1mg/l e incluso menor (por cortos periodos), pero esto afecta el consumo de alimento y retarda su crecimiento.<sup>12</sup> En la crianza intensiva de la tilapia roja, idealmente los niveles deben mantenerse por encima de los 3 mg/l, pero de preferencia se deben mantener niveles mayores a 5 mg/l debido a que el valor adicionalmente disminuye por reacciones químicas de descomposición de materia orgánica, alimento no consumido, heces, aumentos en la tasa metabólica por incremento en la temperatura, remoción del oxígeno en el agua efluente, desgasificación a la atmósfera cuando la concentración excede la saturación o disminución de la fotosíntesis por nubosidad (Tabla III).<sup>13</sup> La solubilidad de los gases en el agua disminuye con el incremento de la salinidad y temperatura. En la Tabla IV, podemos comparar la solubilidad del oxígeno presente en agua dulce y agua de mar. Para datos más precisos, puede ser verificada en el Tabla V la solubilidad del oxígeno en función de

<sup>12</sup> “Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758 tilapia plateada y alevines revertidos de *Oreochromis spp.* tilapia roja, en aguas residuales tratadas de San Juan”, Diser. Universidad Nacional Federico Villareal, 2002, p. 63

<sup>13</sup> “Estudio de Prefactibilidad para la instalación de un centro de producción de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación”, Diser. Universidad nacional Agraria de la Molina. Lima, 2000, p. 108.

la temperatura y de la salinidad, correspondientes a una presión barométrica de 760mm Hg.<sup>14</sup>

**Tabla III.** *Efectos de las diferentes concentraciones de oxígeno en el estanque*

<b>OXÍGENO DISUELTO (ppm)</b>	<b>EFEECTO EN PECES</b>
0	Peces pequeños sobreviven cortos periodos
0,3 – 1,0	Letal en exposiciones prolongadas.
2,0 – 4,0	Crecimiento lento en exposiciones prolongadas.
5,0 – más.	Rango deseable.

Fuente: Swingle 1966 (citado por Klinge y col. 2000).

Los costarricenses esperan trabajar con aguas que tengan 6 o más mg. de tal manera que una vez utilizada el agua en el estanque, salga con niveles de 2 a 3 mg. Antes de ser descargada en el drenaje. Niveles menores en la salida indican mucha fragilidad en el sistema y puede colapsar si le falla el agua por un periodo corto se presenta mortalidad al hacer un manejo de los peces.<sup>15</sup>

**3.4.2.4: pH.** Es un parámetro muy especial en los ambientes acuáticos, pudiendo ser la causa de muchos fenómenos químicos y biológicos,

<sup>14</sup> Traducción. Vinatea L. Principios químicos de qualidade da agua em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2da. ed. Brasil: Editora da UFSC, 2004, p. 36 – 38

<sup>15</sup> Curso de Acuicultura Básica. Énfasis en tilapia y trucha. Instituto costarricense de pesca y acuicultura. Costa Rica, 2002, p. 14

porque eso puede también ser consecuencia de otra serie de fenómenos.

**Tabla IV.** Solubilidad del oxígeno en agua dulce y agua de mar.

Temperatura ( °C)	OD agua dulce (mg/l)	OD agua de mar (mg/l)
0	14,6	11,3
5	12,8	10,0
10	11,3	9,0
15	10,2	8,1
20	9,2	7,4
25	8,4	6,7
30	7,6	6,1
35	7,1	5,7
40	6,6	5,3

Fuente: Boyd 1990 (citado por Vinatea L, 2004).

Por ejemplo, el pH alcalino es responsable por un mayor porcentaje de amonio no ionizado, presente en el agua, mas este mismo pH puede ser el resultado de otra serie de factores, tales como la abundancia de fitoplancton en los tanques de cultivo.<sup>16</sup> Por una parte Huet (1973), recomienda valores de pH entre 7 y 8, como los mejores para estanques piscícolas y cuanto menos fluctuaciones de pH existan, las condiciones biológicas será mejores. George (1975), encontró que la tilapia tolera altos niveles de pH entre 8 y 11.<sup>17</sup> Las tilapias crecen mejor en aguas con pH neutro o ligeramente alcalino, su crecimiento disminuye en aguas ácidas,

<sup>16</sup> Principios químicos de qualidade da agua em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2da. ed. Brasil: Editora da UFSC, 2004, p. 65.

<sup>21</sup> "Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758 tilapia plateada y alevines revertidos de *Oreochromis spp.* tilapia roja, en aguas residuales tratadas de San Juan", Diser. Universidad Nacional Federico Villareal, 2002, p. 63 – 64.

posiblemente debido a la disminución de la producción de alimento natural. El rango óptimo está entre 6,5 y 8,5, siendo 7,5 el pH ideal para su crianza.<sup>18</sup>

### **3.4.3: ALIMENTACIÓN.**

La importancia de dar una buena alimentación radica en dos puntos, el primero en que la buena calidad de los alimentos incrementará los rendimientos por unidad de área, lo cual incrementará la producción en los sistemas existentes; segundo, que el uso de alimentos de buena calidad da la posibilidad a los granjeros de cultivar especies acuáticas valiosas y por ende obtener mayores beneficios, ejemplos la industria del salmón en Europa y Chile, bagre en USA y camarón en varios países. Hay una necesidad de modernizar y edificar nuevas plantas de alimentos con nuevos equipos y maquinarias que ofrezcan “alimentos mas eficientes y más productivos”. El proceso de extrusión de alimentos balanceados se está volviendo muy popular y este proceso de cocinado es ahora de mayor importancia, reemplazando al sistema tradicional de peletizado, dando como ventaja alimentos flotantes, hundibles, mayor digestibilidad, menos finos, etc.<sup>19</sup> La tilapia roja es por naturaleza un pez filtrador y omnívoro que acepta fácilmente dietas complementarias de alimentos frescos y concentrados, cualidad está, que lo hace apto para cultivo. En los cultivos intensivos se aprovecha parcialmente la oferta de alimentos naturales del agua donde se lo siembra; sin embargo,

---

<sup>18</sup> Efecto de dos niveles de proteína y energía digestible en el comportamiento productivo de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) Diser. Lima-Perú 2002, p. 20.

<sup>19</sup> <http://www.nicovita.com.pe>

se hace necesario complementar dicha alimentación con alimentos concentrados de buena calidad bien balanceados y preferiblemente extrudisados. Se debe tener especial cuidado en la adecuada administración de éstos en cuanto a la forma de suministrarlos, la cantidad, frecuencia y especificaciones.<sup>20</sup>

**3.4.3.1: CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN ALIMENTO:**<sup>21</sup> Un alimento debe tener los siguientes requisitos:

- Que cubra las necesidades nutricionales (manutención y crecimiento) de los animales a los cuales está destinado.
- Se obtenga el máximo de eficiencia en el factor de conversión (conversión de alimento a carne).
- Que se logre una buena calidad organoléptica del producto.
- Que mantenga fortalecidos a los animales frente al medio ambiente (enfermedades, estrés entre otros).
- Que no represente un factor de contaminación del medio ambiente.
- Que establezca la mejor relación de costo versus producción.
- Que tenga buena presentación, textura, dureza, flotabilidad, lento hundimiento, sin polvo suelto.

---

<sup>20</sup> Mercado, J. y Siegert G.; Cultivo en jaulas de tilapia *Oreochromis spp.* en aguas salobres, 1995

<sup>21</sup> <http://www.nicovita.com.pe>

**Tabla V.** Solubilidad del oxígeno (mg/l) en función de la temperatura y de la salinidad

Temperatura (°C)	Salinidad								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	14,6	14,1	13,6	13,2	12,7	12,3	11,9	11,5	11,1
1	14,2	13,7	13,2	12,8	12,4	11,9	11,5	11,2	10,8
2	13,8	13,3	12,9	12,4	12,0	11,6	11,2	10,9	10,5
3	13,4	13,0	12,5	12,1	11,7	11,3	11,0	10,6	10,2
4	13,0	12,6	12,2	11,8	11,4	11,0	10,7	10,3	10,0
5	12,7	12,3	11,9	11,5	11,1	10,8	10,4	10,1	9,8
6	12,4	12,0	11,6	11,2	10,9	10,5	10,2	9,8	9,5
7	12,1	11,7	11,3	11,0	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3
8	11,8	11,4	11,0	10,7	10,4	10,0	9,7	9,4	9,1
9	11,5	11,1	10,8	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9
10	11,2	10,9	10,5	10,2	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7
11	11,0	10,6	10,3	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,5
12	10,7	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,3
13	10,5	10,2	9,8	9,5	9,2	9,0	8,7	8,4	8,2
14	10,2	9,9	9,6	9,3	9,1	8,8	8,5	8,2	8,0
15	10,0	9,7	9,4	9,1	8,9	8,6	8,3	8,1	7,8
16	9,8	9,5	9,2	9,0	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7
17	9,6	9,3	9,0	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8	7,5
18	9,4	9,1	8,9	8,6	8,3	8,1	7,9	7,6	7,4
19	9,2	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7	7,5	7,3
20	9,0	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8	7,6	7,3	7,1
21	8,9	8,6	8,3	8,1	7,9	7,6	7,4	7,2	7,0
22	8,7	8,4	8,2	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9
23	8,5	8,3	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	6,9	6,7
24	8,4	8,1	7,9	7,7	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6
25	8,2	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5
26	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4
27	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3
28	7,8	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4	6,2
29	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,5	6,3	6,1
30	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0
31	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9
32	7,2	7,0	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	6,0	5,8
33	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,7
34	7,0	6,8	6,6	6,5	6,3	6,1	6,0	5,8	5,6
35	6,9	6,7	6,5	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6
36	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5
37	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4
38	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,3
39	6,5	6,3	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,3
40	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,5	5,3	5,2

Fuente: Boyd 1990 (citado por Vinatea, L. 2004)

#### **3.4.3.2: VENTAJAS DE LOS ALIMENTOS EXTRUÍDOS:**

- Altamente digestible. Se reduce la tasa de alimentación.
- Alta tasa de crecimiento.
- Altos niveles de grasa.
- Conversiones cercanas a 1:1.
- Uniformidad de los pellets.
- Alta sobrevivencia.
- Ausencia de finos.
- Mejora de la calidad de agua.
- Permite densidades de alta de cultivo.
- Altamente hidroestable.

**3.4.3.3: CANTIDAD DE ALIMENTO:** La cantidad de alimento a suministrar dependerá de aspectos tales como:

- Tamaño de los peces.
- Densidad de siembra.
- Características del concentrado.

En Panamá, la alimentación utilizada en el tratamiento de Tilapia roja se inició con un 3% del peso corporal y finalizó con un 2% del peso corporal a la hora de la cosecha en 97 días de cultivo iniciando con un peso corporal de 4 g. y terminando con 211 g.<sup>22</sup>

---

<sup>22</sup> Guardia, F. y col. Policultivo del camarón (*Penaeus vannamei*) con tilapia roja. Panamá, 1999.

#### **3.4.3.4: FRECUENCIA ALIMENTARIA Y SOBREALIMENTACIÓN:**

Para el óptimo aprovechamiento del concentrado se recomienda fraccionar el equivalente a la ración diaria en varias porciones durante las horas luz, lo cual presenta los siguientes beneficios:<sup>23</sup>

- Aumenta la oportunidad de consumo dentro de la población.
- Mejora el aprovechamiento de los concentrados.
- Evita el deterioro de la calidad del agua por desperdicio de alimento.

Se debe proporcionar únicamente la cantidad de alimento que los peces puedan comer en menos de 20 minutos. El agua puede ser contaminada por el alimento que no es consumido, incrementado el costo del engorde de sus peces. Cuando el alimento proporcionado no es consumido por los peces, éste se acumula y luego se descompone, agotando el oxígeno disuelto en el estanque. En estos estanques, los peces se ven al amanecer cerca de la superficie, “boqueando” por aire. Si la concentración de oxígeno disuelto en el agua se ve reducida drásticamente los peces pueden morir. Por lo tanto, para prevenir que esto ocurra, se deben tomar precauciones para intercambiar o airear el agua del estanque. Si la concentración de oxígeno disuelto en el estanque es muy baja, se debe suspender temporalmente la alimentación para mejorar la calidad del agua. A continuación se enumeran algunos de los signos de la sobre alimentación:

---

<sup>23</sup> Cultivo en jaulas de tilapia *Oreochromis spp.* en aguas salobres, 1995.

- Los peces se ven imposibilitados para consumir el alimento proporcionado dentro de un período de 20 minutos. Después de 20 minutos de haberles proporcionado el alimento, el acuicultor puede caminar al sitio escogido para la alimentación y tocar el fondo del estanque. El recuperar una gran cantidad de alimento indica que se está proporcionando demasiada comida. Otra forma es utilizando plataformas o bandejas, las cuales son sumergidas con el alimento, y después de alimentar se pueden extraer del agua para determinar la cantidad de alimento consumido.

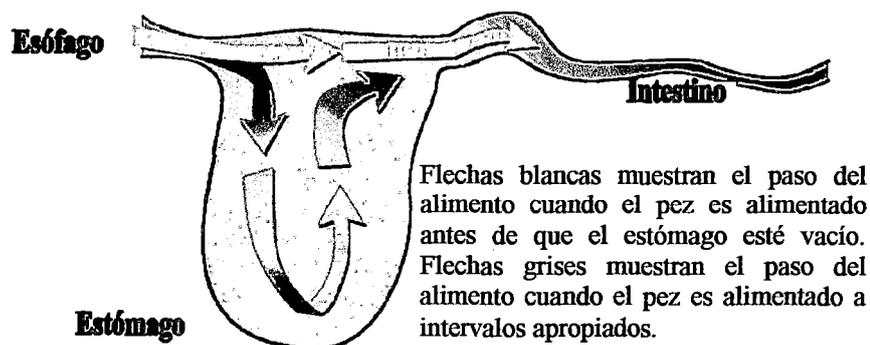
- Cuando los sedimentos del fondo son revueltos, se detecta un olor fétido en el agua. Si se extrae una manotada de sedimentos del fondo, en el sitio escogido para la alimentación, éstos no deben ser de color negro ni tener un olor fétido.<sup>24</sup>

El intervalo entre raciones puede ser más importante que el total de raciones. La alta calidad y consistencia de las dietas pelletizadas eliminan la necesidad de alimentarla frecuentemente. El intervalo óptimo entre raciones dependerá del retorno de apetito. La disponibilidad de alimentación de los peces depende de la llenura del estómago. La velocidad en que el estómago se vacía depende de la temperatura, peso del pez, tamaño del alimento, composición del alimento, y frecuencia alimentaria. El alimento comido por la tilapia puede pasar el estómago y entrar directamente en el intestino (Fig.2).

---

<sup>24</sup> Alimentando a sus peces. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Swingle Hall. Auburn University, Alabama, USA, 1996.

Estudios realizados, sugieren que el intervalo óptimo entre raciones alimenticias es de 4 – 5 horas, dependiendo de la energía y composición de la dieta.<sup>25</sup>



**Figura 2.** *Estómago e intestino de la tilapia.*

### 3.5: CULTIVO EN TANQUES.

En las granjas de tanques y de canales se intenta ejercer un mayor control humano sobre las operaciones y facilitar la acuicultura muy intensiva. Los tanques pueden ser de hormigón, fibra de vidrio, madera terciada pretratada para uso marino, metal u otros materiales durables libres de pinturas o recubrimientos tóxicos. La fibra de vidrio es un material popular para la construcción de tanques en virtud de que es ligera, resistente e inerte al agua dulce y salada. Puede moldearse en casi cualquier forma que se desee y es más resistente a la tensión por la carga, que es por lo común el esfuerzo que se experimenta en las paredes de los tanques circulares.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Traducción. [http://aquanic.org/publicat/usda\\_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf](http://aquanic.org/publicat/usda_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf)

<sup>26</sup> Acuicultura: principios y práctica. Limusa. Editores Noriega. 1997, pp. 96



**Figura 3.** *Cultivo de tilapia en tanques circulares bajo ambiente controlado.*

Existen muchas especies de tilapia, pero solo algunas son ampliamente cultivadas alrededor del mundo. La elección de la especie a cultivar depende mucho de la preferencia del consumidor, estatus legal, tasa de crecimiento y tolerancia al frío. La tilapia se acomoda bien al cultivo en, estanques, jaulas, tanques o raceways. En regiones de Estados Unidos de América, en donde las temperaturas son mas frías, el cultivo en tanques es favorable ya que se reduce el tiempo y trabajo requerido para la cosecha y alimentación. Existen dos tipos de sistemas utilizados para el cultivo de tanques: sistema de flujo corriente, y sistema de recirculación. Los sistemas de flujo corriente (raceways) son prácticos solo si se dispone de agua geotermal o de origen similar. Sistemas de recirculación pueden reciclar como mucho el 99% diario del agua de cultivo, aunque es preferible una recirculación de 90%.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> Traducción y resumen. [http://aquanic.org/publicat/usda\\_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf](http://aquanic.org/publicat/usda_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf)



**Figura 4.** *Cultivo de tilapia en tanques circulares en ambiente controlado y al aire libre.*

Granjeros de Malasia, en el 2000, produjeron 16,383 ton. de híbridos de tilapia roja en jaulas, tanques, corrales y estanques. La producción de larvas fue hecha en tanques de concreto. Los alevines tuvieron una buena sobrevivencia con aceptables tasas de crecimiento en tanques de fibra de vidrio. El crecimiento final fue hecho en tanques de 25 metros y jaulas hasta la obtención de la talla de cosecha de 800 g.<sup>28</sup> En Venezuela, se realizaron ensayos de ceba de tilapia roja con densidades desde 5 hasta 30 peces/m<sup>2</sup> en corrales transformados a tanques piscícolas. Se efectuó un recambio diario de agua del 10%.<sup>29</sup> En Costa Rica se realizaron pruebas de cultivo superintensivo de tilapia en tanques de concreto circulares cónicos, en los que la densidad era directamente proporcional a la cantidad de recambios diarios que se pueden realizar en el tanque. Se realizaron muestreo cada tres semanas para evaluar el estado sanitario del pez y

<sup>28</sup> Traducción y resumen. [http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture\\_protoc.htm](http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture_protoc.htm)

<sup>29</sup> Malave, M. Altas densidades de tilapia roja en tanques de concreto. Corporación Venezolana del Suroeste. Gobernación del estado Táchira. AQUAFRESH C.A. 1991- 1992.

evaluar la tasa de alimentación y se suministró alimento entre las siete de la mañana a cinco de la tarde con lo que obtuvieron peces de 500 gramos de peso en cinco meses, siendo el peso inicial de cultivo de 10 gramos. Hallaron ventajas comparativas en este tipo de cultivo, las cuales son:<sup>30</sup>

- En un área muy reducida se pueden producir grandes cantidades de pescado.
- El proceso garantiza un producto de primera calidad.
- Las características de construcción garantizan que la vida útil de los estanques va a ser bastante prolongada.

Aseguran que desde 1985 la operación de sistemas de tanques para cultivo intensivo, normalmente implica costos elevados y por lo tanto solo es redituable cuando el precio de venta del producto es comparativamente alto. Es por esto que en sistemas de cultivo intensivo en tanques, en canales de flujo rápido, en jaulas y a veces también en estanques, se prefiere engordar híbridos cuyo crecimiento es más rápido que el de las especies puras.<sup>31</sup> En el año 1999, en Brasil, se realizó el cultivo de tilapia roja de Florida en jaulas de 5 m<sup>3</sup> durante 253 días, alimentados con raciones extrusadas comerciales conteniendo 32 y 28% de proteína bruta. Se registraron temperaturas de 32,2; 16,0 y 23,9 °C, un oxígeno disuelto de 4,1 g/l<sup>32</sup> Al respecto, en Tambo de Mora – Ica, realizaron el cultivo experimental de esta especie en estanques circulares con lotes, de 1999 y 2000-2001, utilizando densidades de engorde de 20 ind/m<sup>3</sup> y 30 ind/m<sup>3</sup> respectivamente. La tasa de

<sup>30</sup> [http://www.infoagro.go.cr/incopesca/acuicul\\_2.htm#\(foto%2015\)](http://www.infoagro.go.cr/incopesca/acuicul_2.htm#(foto%2015)).

<sup>31</sup> Aguilera, P., Noriega, P. La tilapia y su cultivo, Fondepesca; secretaria de pesca. México 1985.

<sup>32</sup> Traducción. Falange, P., Possebon, J., Castagnolli, N. Produção da tilapia vermelha da Florida em tanques-rede. Scientia Agrícola vol. 56, Nº 3, Piracicaba, julio 1999, pp. 1 – 11

alimentación del 30% del total de la biomasa en los primeros meses, 3% y 1,5% en los meses siguientes. Se mantuvo oxigenación constante y las temperaturas que registraron mayores tasas de crecimiento, fueron aquellas que estuvieron por encima de los 24°C.<sup>33</sup> El mismo año y en la ciudad de Ica, se realizaron pruebas de cultivo de tilapia entre los meses de julio y marzo de año 2000, empezando con ejemplares de 5 g. y densidad de siembra de 8 ind/m<sup>3</sup> Mensualmente se realizaron muestreos y recambio total de agua, terminando el cultivo con ejemplares de 327,4 g. como peso final promedio. Las mortalidades fueron de 10 por ciento.<sup>34</sup>

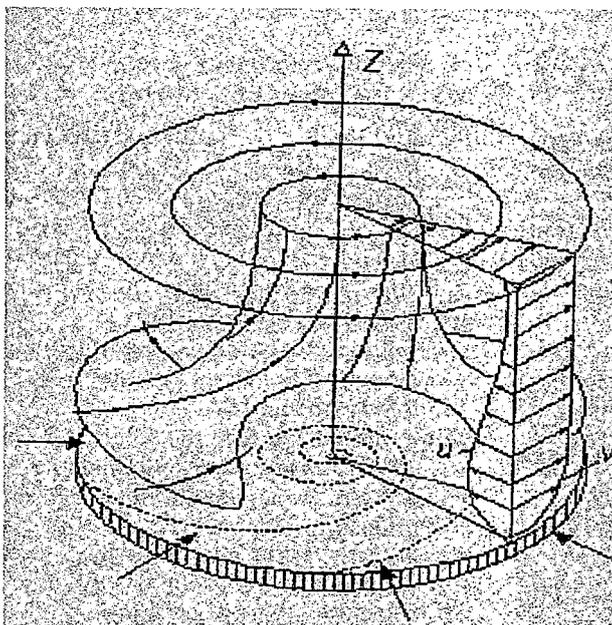
El efecto Teacup puede ser observado revolviendo una taza de té con algunas hojas de té en ella. Una vez que la velocidad rotatoria se fije encima de debido a la acción de revolvimiento las hojas de té suspendidas, comenzarán a colocarse bajo influencia de la gravedad. Al mismo tiempo las hojas de té continuarán viajando de manera circular debido a las velocidades rotatorias y velocidades internas secundarias inducidas por la rotación. Una representación gráfica de las velocidades tangenciales causadas por el movimiento y las velocidades radiales inducidas por el flujo rotacional son mostradas en la figura 5, donde los componente de la velocidad son:  $u$  = radial;  $v$  = tangencial.<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> Baltazar, P. Uribe, R. y Arteaga, J. Cultivo experimental de la tilapia roja *Oreochromis niloticus* en el centro de acuicultura de Tambo de Mora, Ica, Perú. REVISTA AGROENFOQUE. N° 125. 2001, p. 82 – 84

<sup>34</sup> Elías, V. Cultivo experimental de la tilapia *Oreochromis Niloticus* en estanque circular. Universidad nacional san Luis Gonzaga de Ica, Pisco, Perú, 2002.p.17

<sup>35</sup> Traducción. Wong, K., Piedrahita, R. Solids removal from aquacultural raceways. World aquaculture magazine. Marzo 2003.p. 66



Los espirales hacia adentro modifican las rutas de las partículas cercanas al piso y como ellas son barridas hacia el centro. La parte cónica del tanque con una abertura de salida de agua en el centro, permite la correcta y rápida evacuación del agua y los desechos que producen los peces.

(Diagrama adaptado de Schlichting, 1979)

**Figura 5.** *Campo de velocidad del efecto teacup.*

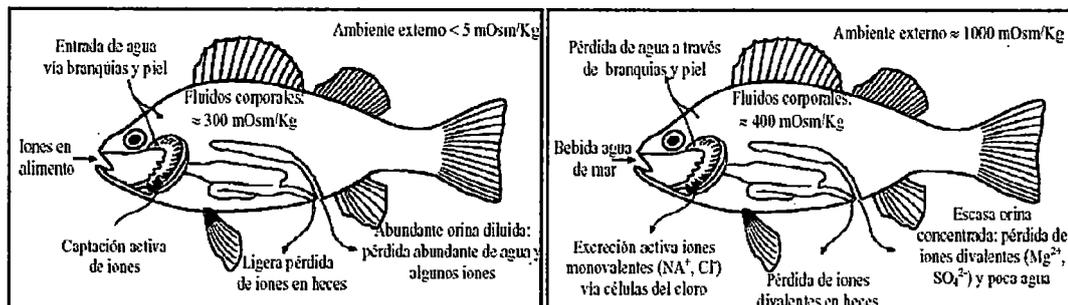
### **3.6: EXPERIENCIAS DE CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN AGUA DE MAR.**

#### **3.6.1: PROCESO DE OSMOSIS.<sup>36</sup>**

La presión osmótica interna de los fluidos de los peces difiere en mayor o menor grado de la del agua que los rodea. Los peces de agua dulce tienen una concentración osmótica superior a la del medio, mientras que en los peces marinos las sales de sus fluidos corporales se encuentran más diluidas que el agua de mar. La osmoregulación es la capacidad de controlar, tanto el agua como la concentración de electrolitos de los fluidos internos, dentro

<sup>36</sup> Calderer, A. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.), Barcelona – España 2001, p. 19 – 21

de límites estrechos cuando el animal se expone a diversas salinidades ambientales. En especies de agua dulce, el principal problema que produce el gradiente osmótico entre los fluidos internos y los externos, es la pérdida de sales y la entrada de agua a través de las branquias. El mantenimiento del balance interno se solventa mediante un riñón glomerular en el que los solutos filtrados son reabsorbidos, y el exceso de agua eliminada. La orina es muy diluida y producida en grandes cantidades lo que no evita la pérdida de sales, que deben ser reemplazadas en la dieta o mediante transporte activo a través de las branquias. La mayoría de los peces sólo toleran salinidades similares a aquellas en las que residen. Sin embargo, hay algunas especies capaces de sobrevivir en un amplio rango de salinidades. Se denominan eurihalinas y los movimientos que realizan a zonas de distintas salinidades, están asociados, a menudo, con su ciclo vital. Existen dos tipos de especies eurihalinas: las que toleran y se adaptan a fluctuaciones rápidas de la salinidad externa; y las que realizan migraciones en algún período de su ciclo vital entre medios dulceacuícolas y marinos. Las primeras viven en estuarios, salinas y zonas litorales y pueden experimentar cambios desde agua de mar a agua dulce en el tiempo de un ciclo mareal. El segundo grupo lo conforman las especies que requieren de cambios fisiológicos a largo plazo (e irreversibles) cuando realizan migraciones desde distintas salinidades ambientales (los salmónidos, por ejemplo).



Fuentes, 1994; Jobling, 1995

**Figura 6.** Resumen de los procesos de intercambio iónico y osmoregulación en teleosteos de agua dulce (a) y marinos (b).

### 3.6.2: ADAPTACIÓN AL AGUA DE MAR.

Comparada a la voluminosa literatura existente de cultivo semi-intensivo de tilapia en agua dulce, la información de cultivo semi-intensivo e intensivo en aguas salinas casi no existe. Por otro lado, existe un fuerte deseo de cultivar tilapia en estanques de aguas salobres en el sureste de Asia como en Centro y Sud América durante los últimos años la cantidad de información existente acerca del cultivo de tilapia en agua dulce. Esos estanques proveen una gran oportunidad para la acuicultura y la tilapia parece ser la elección más apropiada para dicho sistema de cultivo aunque existen algunas otras especies de peces domesticables alimentadas a bajo costo con alimento natural como detritos y plankton.

La tilapia roja, *Oreochromis* spp. es una variedad de pez dulceacuícola que requiere de una adaptación previa para poder ser sembrada en agua de mar, proceso que consiste en pasar en forma progresiva los alevinos (peces con longitud total de hasta 6 cm) de aguas con salinidad 0‰, o muy baja,

aguas con salinidad de hasta 35‰ para evitarle problemas de osmorregulación. Este proceso toma entre 48 y 72 horas y se inicia con la recepción de los peces en la granja donde son colocados en tanques de 0,5 m<sup>3</sup> construidos en cemento, dotados con aireación y un sistema alternativo de *Oreochromis*. Allí permanecen por espacio de 2 ó 3 horas, tiempo apropiado para recuperarse de la tensión ocasionada por el transporte. Después de este periodo de reposo se inicia el proceso de adaptación propiamente dicho, que consiste en incrementar paulatinamente la salinidad a razón de 1 a 2 ppt por hora y por espacio de 10 horas. Los siguientes incrementos se hacen a razón de 2 partes por mil ppt/ hora, hasta conseguir la salinidad deseada.<sup>37</sup>

Tras una adecuada aclimatación, se puede lograr que la tilapia roja sea cultivada favorablemente en aguas a salinidades de hasta 37 ppm. La actividad reproductiva de la tilapia cesa cuando es sometida a cultivos en concentraciones por encima de 15 ppm, pero esta práctica de cultivo en si se realiza no para el control de la reproducción, si no, que se elige como técnica de cultivo. Por otro lado, se debe tener excesivo cuidado, puesto que la aclimatación temprana en salinidad, también puede influir en el crecimiento y supervivencia en el agua salobre y marina. En el caso de la tilapia roja de florida que desova y se cría a través de adaptación temprana en agua salobre y marina; también pueden tener mejor resistencia a temperaturas frías que las que fueron desovadas en agua dulce. Para una tilapia que proviene de agua dulce y es introducida al agua de mar, es recomendable una aclimatación con

---

<sup>37</sup> Cultivo en jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas salobres. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Colombia, 1995. p. 211 – 225.

5‰ por día de salinidad y como resultado se obtiene alta sobrevivencia. La salinidad requerida para una preaclimatación en el agua de mar es aproximadamente 19‰ pero es necesario que existan estudios adicionales.<sup>38</sup>

Las tilapias del género *Oreochromis* en particular pueden sobrevivir a la transferencia directa desde el agua dulce al agua salada. Recientemente se ha demostrado que las larvas de *O. mossambicus* al ser transferidas desde el agua dulce al agua de mar y viceversa, son capaces de regular eficientemente la tasa de ingestión de agua en muy poco tiempo y aumentar la superficie del área apical de las células ricas en mitocondrias, lo que les permite mantener cantidades apropiadas de agua e iones, cuestión que es crítica para el desarrollo y sobrevivencia de las larvas. La escasez de fuentes de agua dulce en diferentes partes del planeta, incluyendo algunas del Mar Caribe, ha propiciado la planificación y puesta en marcha de ensayos de cultivo de tilapias en cuerpos de agua salobre y salada y para Venezuela se ha indicado que las experiencias de cultivo de híbridos de tilapia roja en agua de mar a 37 ppt son alentadoras.<sup>39</sup> El proceso consiste en pasar lentamente de salinidad de 0 ppm o muy baja, a 35 ppm para evitarles problemas de osmorregulación y que el proceso toma de 48 a 72 horas en el que se incrementa la salinidad de 1 a 2 ppm. por hora durante las primeras

---

<sup>42</sup> Watanabe, W. Olla, B. Wiklund, R. Head, W. Saltwater culture of the Florida red and other saline tolerant tilapias: a review. "Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 1" World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. 1997, p. 54 – 141.

<sup>39</sup> Nirchio, M., Pérez, J. Riesgos del cultivo de tilapias en Venezuela INCI vol. 27 no.1 Caracas. Enero 2002.

10 horas y a partir de ese momento el incremento de salinidad es de 1ppm/hora, hasta conseguir la salinidad deseada.<sup>40</sup>

La tolerancia máxima de la tilapia roja se da a partir de 5 cm de longitud total y se puede realizar una transferencia directa a 15 – 18‰. La aclimatación recomendada: 2,5 – 5‰ por día en salinidades mayores de 15‰; actualmente se realizan aclimataciones de 0,5 – 2‰ por hora en salinidades mayores de 15‰.<sup>41</sup>

### 3.6.3: CULTIVO DE TILAPIA EN AGUA DE MAR.

En Colombia, cultivo de tilapia roja en agua salada, se viene desarrollando desde el año 1998 entre los pescadores en el país de Colombia, generando de esta manera la autosostenibilidad de la actividad pesquera.<sup>42</sup>

En el año 1987, se experimentaron con pequeñas crías (promedio de 0,77 g) de tilapia roja de Florida (*O. mossambicus*), durante 43 días a diferentes concentraciones salinas, obteniendo crecimientos mayores conforme se incrementaba la salinidad: los autores atribuyeron el crecimiento únicamente al consumo de alimento y no al incremento de la salinidad.<sup>43</sup>

En este mismo año, en Panamá, la Dirección Nacional de Acuicultura – DINAAC, sembró tilapia roja con un peso promedio de 4g. y talla de 1 pulgada, a unas densidad de 1 por cada 7 metros cuadrados en tanques de 0,06

<sup>40</sup> Cultivo en jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas salobres. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Colombia, 1995, p.211 – 225

<sup>41</sup> Green, Bartholomew. Seminario “Cultivo de Tilapia”, Guayaquil – Ecuador, 2000.

<sup>42</sup> [http://www.ejournal.unam.mx/vet\\_mex/vol33-01/RVM33104.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/vet_mex/vol33-01/RVM33104.pdf).

<sup>43</sup> Watanabe, W., French, K., Ellingson, L., Wicklund R., Olla, B. The effects of salinity on growth food, consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987, p. 16 – 20.

Ha. El experimento duró 97 días y se alimentó a los ejemplares solo durante 6 días a la semana.<sup>44</sup>

En 1989, se experimentó sembrando juveniles de tilapia con peso promedio de 1,3 g. a densidad de 25 peces/m<sup>3</sup>, alimentando 3 – 4 veces al día con una dieta de 28,5% de proteína con salinidad de 37‰ y temperatura de 27 – 29°C. En 170 días los peces aumentaron hasta 467 g (2,74 g/día y conversión de 1.6) con sobrevivencia de 89,7% para una producción de 10,5 kg./m<sup>3</sup>.<sup>45</sup>

En las Islas Martinicas, el cultivo de tilapia en agua de mar fue desarrollado desde 1988 en que se realizaron experimentos de preengorde en tanques cilíndricos cónicos y raceways para posteriormente pasar a jaulas en los que se administraba alimento con alto contenido de vitamina C y aspirina para contrarrestar el estrés de los individuos. Los parámetros fueron de Temperatura (°C): 26 – 28; Salinidad entre 34 y 36‰ y pH: 8,1 – 8,3<sup>46</sup>

En 1990, se trabajó con tilapia roja de Florida en agua de mar a densidades de 10 y 25/m<sup>3</sup> (valores menores al del presente trabajo), alimentando con dietas que contenían 20, 25 y 30% de proteína y valor energético de 4,080 kcal/kg (cantidad superior al de este trabajo). Después de

---

<sup>44</sup> Guardia, F., Sotolongo, M., Urieta, M., Yaniseii, E. Policultivo del camaron peneido (*Penaeus vannamei*) con tilapia roja. Estación Ing. Enrique Enseñat. DINAAC. Panamá, 1987, p. 7 – 11.

<sup>45</sup> Ernst, D., Ellingson, L., Olla, B., Wicklund, R., Watanabe, W. and Grover, J. Production of Florida red tilapia in seawater pools: nursery rearing with chicken manure and growout with prepared feed. 1989. *Aquaculture* 80:247 – 260.

<sup>46</sup> Acuicultura. Vol.2, Ediciones Omega S.A. Barcelona – España 1991, p. 790.

120 días el peso promedio fue de 440 g (3,68 g/día y conversión de 2,12) con sobrevivencia de 97,35%<sup>47</sup>

En este mismo año, se cultivaron en jaulas de 1m<sup>3</sup> en aguas marinas, tilapias con pesos promedio inicial de 1,79 g. a densidad de 500 – 1000 peces/m<sup>3</sup>, suministrando un alimento de 32% de proteína.<sup>48</sup>

Se realizaron dos trabajos con tilapia florida roja, uno sembrando en agua marina tilapia peso promedio de 8,78 g. a densidad de 100 – 300 peces/m<sup>3</sup> su peso promedio a los 84 días fue de 171,6 g. (1,9 g/día y conversión de como se observa, la densidad hace variar la producción total.<sup>49</sup>

En el 2000, en Tumbes, se realizó un cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida a diferentes densidades de siembra, siendo éstas de 1 ind/m<sup>2</sup>, 3 ind/m<sup>2</sup> y 5 ind/m<sup>2</sup>. El experimento duró 150 días y se suministró alimento balanceado de 24% de proteínas. La salinidad varió de 35 a 36‰, el rango de temperatura estuvo entre 25 y 27°C, el oxígeno disuelto varió de 3 a 9 ppm y el pH de 7,5 a 8,5<sup>50</sup>

En el 2001, en la misma ciudad y utilizando un sistema semi-intensivo, se trabajó con tilapia híbrida en la fase de pre-engorde cultivada a diferentes densidades, siendo la densidad inicial de 15 alevines/m<sup>2</sup> la que obtuvo

---

<sup>47</sup> Clark, A.; Watanabe, Wade O.; Olla, B., and Wicklund, R. Growth, feed conversion and protein utilization of Florida red tilapia fed isocaloric diets with different protein levels in seawater pools. *Aquaculture*. 1990, 88(1):75 – 85

<sup>48</sup> Watanabe, W. Clark, J., Dunham, J., Wicklum, R., Olla, B. Culture of Florida red Tilapia in marine cages: The effects of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture* 1990, p. 123 – 124

<sup>49</sup> Saltwater culture of the Florida red and other saline tolerant tilapias: a review. "Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 1" World Aquaculture Society, Baton Rouge, L.A, USA. 1997, p. 54 – 141

<sup>50</sup> Saldarriaga, D., Alvarado, A. Cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis urolepis hornorum*) a diferentes densidades de siembra en estanques. Universidad Nacional de Tumbes. Congreso Peruano de Ingeniería Pesquera, 2004.

mejores resultados. El rango de temperatura fluctuó entre 27 – 28°C durante las 9 semanas que duró el 9 semanas de experimento.<sup>51</sup>

También se realizó un policultivo con langostino, *Penaeus vannamei*, de 120 días en el que se trataba de disminuir la transmisión horizontal masiva de la “mancha blanca”, siendo el plus, la tilapia roja híbrida.<sup>52</sup>

En este mismo año, se realizaron experimentos con híbridos de tilapia a diferentes salinidades (0,5; 17 y 32‰) en donde la temperatura fue de  $27 \pm 1,2^\circ\text{C}$  y oxígeno de 4 mg/l, de esta manera, los peces fueron alimentados 3 veces al día.<sup>53</sup>

En al año 2002, se estudiaron los efectos de la salinidad en tilapia híbrida *O. mossambicus* x *O. niloticus*, a salinidades de 0, 15, 25 y 35‰ con una densidad de siembra de 50 crías/m<sup>3</sup>, y por un tiempo de 27 semanas.<sup>54</sup>

### 3.7: EXPORTACIONES PERUANAS DE TILAPIA

Las exportaciones de productos elaborados a base de tilapia alcanzaron su máximo nivel en 1999, ascendiendo a 59418,60 Kg. como resultado de la extracción, siendo SEAFROST S.A., la empresa que exporto más el producto,

<sup>51</sup> Medina, C. Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida en la fase de pre-engorde, en cultivo con agua salada en Tumbes. Diser. Universidad Nacional del Tumbes, Tumbes, Perú, 2001.

<sup>52</sup> Jiménez, E. Crecimiento de *Penaeus vannamei* en policultivo con *Oreochromis mossambicus* x *O. urolepis hornorum*. Universidad Nacional de Tumbes, Perú, 2001, p. 34

<sup>53</sup> García-Ulloa, M. Villa, R., Martínez, T. Growth and feed utilization of the tilapia Hybrid *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* cultured at different salinities under controlled laboratory conditions. Universidad Autónoma de Guadalajara. Journal of the Aquaculture Society, vol.32, N° 1, 2001, p. 117 – 121

<sup>54</sup> A-Herrera, A., Sumano-López, H., Macías-Zamora, R. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis Niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboraorio. Veterinaria: 33 (1), México 2002, p. 39 – 48

cultivado en la laguna la niña. Luego de un drástico descenso en la producción de tilapia, en el 2002 casi no se registraron envíos al exterior, siendo la Comisión para la promoción de las exportaciones (PROMPEX), la única que envió muestras a EE.UU. y Bélgica con la finalidad de penetrar en dichos mercados en los próximos años. En tanto hasta mayo del 2003 solo se exportaron muestras del producto a EE.UU, por parte de Melis Fishery a fin de establecer relaciones comerciales. Sin embargo, en el 2004 las exportaciones de tilapia se están incrementando, ya que la empresa American Quality Aquaculture S.A., programó su cosecha para este año y ha empezado a exportar importantes cantidades de filetes frescos al mercado de Estados Unidos.

**Tabla VI.** *Exportación de Tilapia según las empresas 1999 – 2004 (kg)*

EMPRESA EXPORTADORA	AÑOS (Kg.)					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004
AMERICAN QUALITY AQUACULTURE S.A.						25,037.43
COMISIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE EXPORTACIÓN				22.80		3.50
CONGELADOS Y EXPORTACIÓN S.A.			107,640.00			
CONSORCIO PACÍFICO SUR S.R.L.	4,000.00					
INDUSTRIAL PESQUERA SANTA MONICA S.A.			5,010.00			
KERU FISH E.I.R.L.	500.00					
MELI'S FISHERY S.A.					37.24	
PISCIFACTORIA DE LOS ANDES S.A.						101.20
SEAFROST S.A.C.	54,828.00	13,572.00				
SERVICIOS FRIGORÍFICOS PARA EXPORTACIÓN S.A.	58.60					
SIMON INTERNATIONAL S.A.	32.00					
<b>TOTAL</b>	<b>59,418.60</b>	<b>13,572.00</b>	<b>112,650.00</b>	<b>22.80</b>	<b>37.24</b>	<b>25,142.13</b>

Fuente: ADUANAS – ADEX.

(\*): Datos hasta Junio del 2004

**Tabla VII. Exportación nacional de tilapia según destino de 1999 - 2004 (kg)**

MERCADOS	(kg)					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
ALEMANIA			10,00			
AUSTRALIA			5 000,00			
BELGICA				5,80		36,20
ECUADOR			107 640,00			
EE.UU.	590,60			17,00	37,24	25 005,93
ITALIA	54 828,00	13 572,00				
NORUEGA						100,00
PAISES BAJOS	4 000,00					
PORTUGAL					5,00	
<b>TOTAL</b>	<b>59 418,60</b>	<b>13 572,00</b>	<b>112 650,00</b>	<b>22,80</b>	<b>42,24</b>	<b>25 142,13</b>

Fuente: ADUANAS – ADEX  
 (\*): Datos hasta Junio del 2004.

**Tabla VIII. Exportación nacional de tilapia según destino de 1999 – 2004 (US\$)**

MERCADOS	(FOB US\$)					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
ALEMANIA			10,00			
AUSTRALIA			7 200,00			
BELGICA				5,80		101,08
ECUADOR			115 422,60			
EE.UU.	3 074,20			28,20	37,24	123 926,90
ITALIA	140 186,62	37 013,25				
NORUEGA						571,70
PAISES BAJOS	6 007,35					
PORTUGAL					5,00	
<b>TOTAL</b>	<b>149 268,17</b>	<b>37 013,25</b>	<b>122 632,60</b>	<b>34,00</b>	<b>42,24</b>	<b>124 599,68</b>

Fuente: ADUANAS – ADEX  
 (\*): Datos hasta Junio del 2004.

## **CAPITULO IV.**

### **HIPÓTESIS**

#### **4.1: HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.**

En el cultivo de tilapia *Oreochromis* spp. en agua marina se tendrá mejor crecimiento que en el agua continental.

#### **4.2: VARIABLES DE ESTUDIO.**

##### **4.2.1: VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- Tipos de agua para cultivo: agua marina (35‰) y agua continental (0‰)

##### **4.2.2: VARIABLE DEPENDIENTE.**

- Tasa de crecimiento.

## CAPITULO V. METODOLOGÍA

### 5.1: TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

De acuerdo a la técnica de contrastación, la investigación es experimental, y de acuerdo al objetivo que se persigue es aplicada orientada al campo de la acuicultura. El nivel de la investigación, reúne las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado.

### 5.2: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño utilizado es de Bloques Completamente Aleatorizado.

VARIABLE INDEPENDIENTE	REPLICAS	
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
X <sub>1</sub>	TC <sub>1</sub>	TC <sub>1</sub>
X <sub>2</sub>	TC <sub>2</sub>	TC <sub>2</sub>

Donde:

X<sub>1</sub> : Salinidad de control (0‰)

TC<sub>1</sub> : Tasa de crecimiento control.

X<sub>2</sub> : Nivel experimental (35‰)

TC<sub>2</sub> : Tasa de crecimiento experimental.

R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> : Réplicas

### **5.3: DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.**

El Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, cuenta con las condiciones necesarias para realizar dicho experimento. El laboratorio está ubicado en Chucuito – Callao, a unos metros del mar, colindando con las instalaciones del Instituto del Mar del Perú, quienes nos proveen agua de mar filtrada, necesaria para este experimento. El sistema de cultivo utilizado estuvo conformado por tanques circulares cónicos.

### **5.4: MATERIALES, EQUIPOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.**

#### **5.4.1: MATERIALES**

- 4 tanques circulares cónicos de fibra de vidrio.
- Piedras difusoras de 10 y 15 cm. de largo.
- Manguerillas de plástico para aireación.
- Carcales.
- Llaves “T” y uniones de plástico.
- Tinas de plástico de 50 litros y baldes de plástico de 4 y 20 litros.
- Tubos de PVC.
- Malla mosquitera de nylon.
- 4 aros de fierro galvanizado de 2” de diámetro.

**Reactivos para el método de Winkler:**

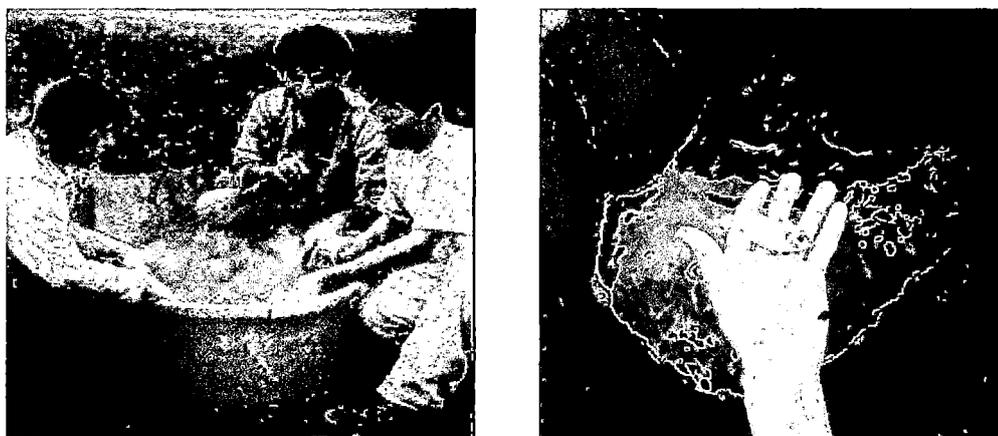
- Sulfato manganoso hidratado.
- Hidróxido de sodio.
- Yoduro de potasio.
- Tiosulfato de sodio.
- Carbonato de calcio.
- Ácido sulfúrico concentrado.

**5.4.2: EQUIPOS.**

- Bomba de aire de doble salida marca AZOO 9500
- Compresor de aire ACO – 008, 120 Hz.
- 14 calentadores sumergibles de 60, 100 y 150 watts de potencia.
- Potenciómetro: HANNA, HI 8424, rango de 0 – 14, resolución de 0,01.
- Balanzas: Denver Instrument XL – 1810; Soenlhe, 8027 ultra.
- Termómetro: MERCK, 0,1 de precisión.
- Oxímetro: HANNA, HI 9143.
- Bomba sumergible: HAILEA, HX-5410.
- Salinómetro: HANNA 0,01 de precisión.
- Ictiómetro.

### 5.4.3: SELECCIÓN Y TRANSPORTE DE LA POBLACIÓN.

Los alevinos fueron obtenidos en el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente (CEPIS) el cual es un organismo de la Organización Panamericana de la Salud, perteneciente la Organización Mundial de la Salud (OMS). La población estuvo constituida por 300 alevines revertidos de tilapia roja de la línea Costa Rica procedente de Panamá. El conteo se realizó manualmente (Figuras 7 y 8). Los ejemplares fueron introducidos en bolsas de PVC de doble densidad con oxígeno fueron sujetadas con ligas para evitar el escape de éste en su transporte hacia el laboratorio (Figuras 9 y 10).



**Figura 7 y 8.** Selección de alevines por colores y tallas.



**Figuras 9 y 10.** *Preparando el transporte de alevines en bolsas de doble densidad con oxígeno.*

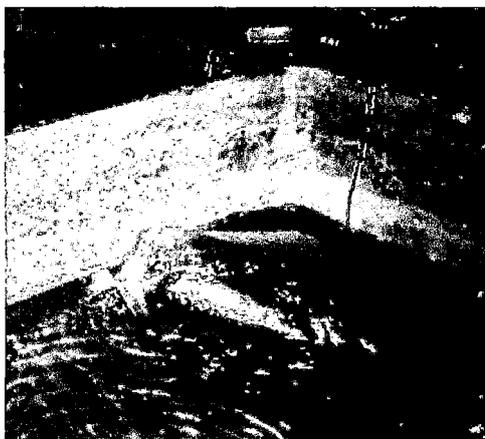
#### **5.4.4: ABASTECIMIENTO DE AGUA.**

El agua de mar filtrada fue suministrada por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y el agua continental, se utilizaba como base el agua potable la cual se dejaba reposar con aireación para la dechloración. El agua se almacenaba en tanques de concreto y fibra de vidrio de 1,5 y 0,5 m<sup>3</sup> de capacidad respectivamente. El tiempo máximo de almacenamiento fue de 2 días. Se elevó la temperatura del agua con 4 calentadores de 150 watts, para de esta manera, evitar que el cambio de agua produzca estrés en los individuos.

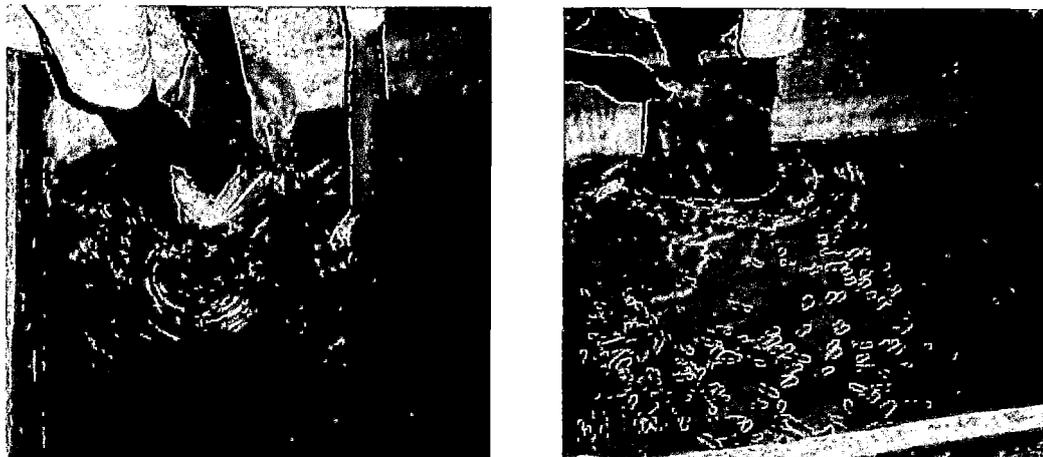
#### **5.4.5: ACONDICIONAMIENTO DE TANQUES, RECEPCIÓN Y ACLIMATACIÓN.**

La limpieza del tanque de recepción – aclimatación, se realizó con abundante agua potable dechlorada. Se llenó el tanque de concreto de 2,0 m<sup>3</sup> de capacidad, en el cual se colocó el agua con una temperatura de 24°C la cual se consiguió con la ayuda de calentadores. El aire fue suministrado por 2 bombas

de aire de dos salidas cada una, marca AZOO 9500 con manguerillas y piedras difusoras. Llegados los alevines al laboratorio, fueron introducidos durante 15 minutos (aún dentro de sus bolsas), al tanque de recepción para su posterior aclimatación con el fin de que se iguale la temperatura del agua dentro de la bolsa con el agua en el tanque y no sufran shock térmico. Posteriormente se procedió a elevar paulatinamente la temperatura a razón de un grado por día, hasta alcanzar los 28°C (Figuras 11, 12, 13, 14) y se les suministró alimento balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 12% de la biomasa distribuida, entre 6 y 8 veces al día.



**Figuras 11 y 12.** *Aclimatación de alevines antes de ser introducidos a los tanques de recepción.*



**Figuras 13 y 14.** *Traspaso cuidadoso de alevines hacia el tanque de recepción.*

Se le colocó aireación constante en los tanques y se realizó recambio de agua por las mañanas mediante sifoneo, antes del primer alimento. Así mismo se utilizaban calcaes dos o tres veces al día para recoger heces. Para la aclimatación, los alevines se separaron en dos grupos y a uno de ellos se les aumento la salinidad paulatinamente hasta llegar a 35‰ siendo aproximadamente de 5‰ día.

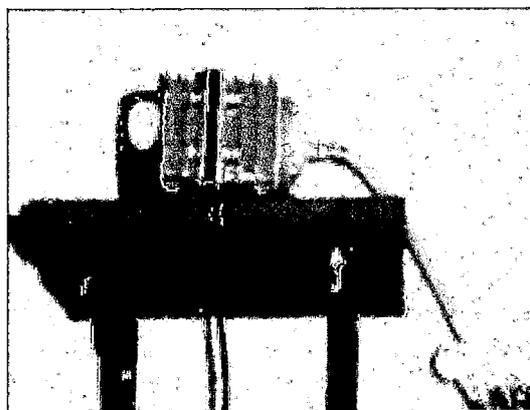
#### **5.4.6: PREPARACIÓN DE TANQUES DE EXPERIMENTACIÓN.**

Los tanques circulares, fueron lavados con una solución de cloro y agua al 5% a los cuales se les colocó un aro de PVC con malla mosquitera de nylon en la parte baja del tanque a modo de que con el movimiento del agua no se levanten, las partículas del fondo y de esta manera conservar por más tiempo el agua sin partículas en suspensión. Se pegaron llaves de fierro

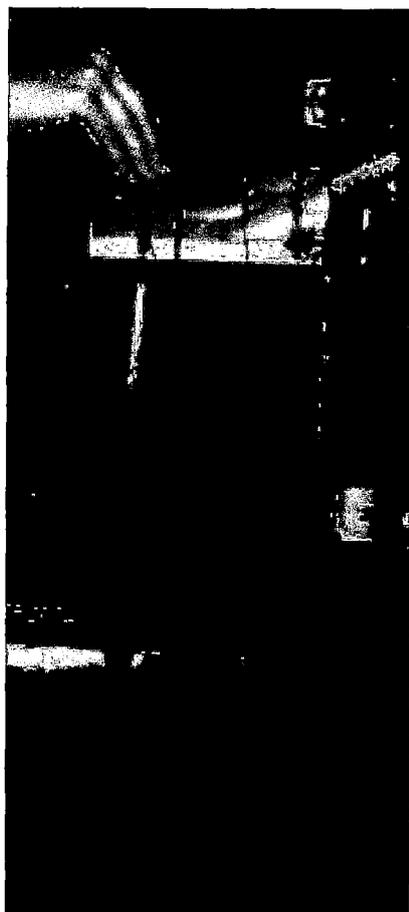
galvanizado a la salida de los tanques para facilitar la expulsión de agua al realizar diariamente la limpieza y recambio de agua de éstos.

#### **5.4.7: SIEMBRA DE LOS ALEVINES EN LOS TANQUES DE EXPERIMENTACIÓN.**

La muestra estuvo constituida por 120 alevines divididos en dos grupos, de los cuales 60 fueron previamente aclimatados a salinidades de 35‰ durante 7 días paulatinamente, cuya tasa y peso promedio fue de 5,2 cm. y 2,2 g. respectivamente y con una densidad de siembra fue de 30 peces/tanque. El volumen de agua utilizado fue de 1 m<sup>3</sup>, con temperaturas de entre 26 y 28°C. El aire fue esparcido por piedras porosas (2 por tanque) las cuales estaban conectadas a una bomba de aire (Figuras 15 y 16). El sifoneo de los tanques se realizaba todas las mañanas y se abría la llave de salida de agua (Figura 17) a fin de eliminar la materia orgánica; posteriormente se adicionaba agua limpia para conservar el volumen de los tanques.



**Figura15.** *Electromagnetic airpump*

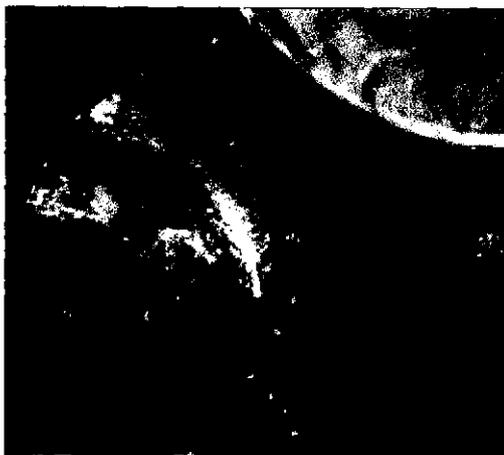


**Figura 16.** *Piedra difusora.*



**Figura 17.** *Llave para la salida del agua.*

La limpieza total se realizaba cada catorce días y el cambio total de agua del tanque en el cual se bajaba el nivel del agua a más de la mitad para posteriormente extraer los individuos y ser colocados en baldes plásticos de 50 litros con agua a la misma temperatura de los tanques y aireación constante (Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25).



**Figura 18.** Estado del fondo del tanque antes de ser limpiado en su totalidad.



**Figura 19.** Vaciado de tanque con tilapias aún dentro.



**Figura 20.** Vaciado de dos tanques



**Figura 21.** Sacando aros para limpieza.



**Figura 22.** Limpieza de aros con agua potable y escobillas.



**Figura 23.** Llenado de tanque

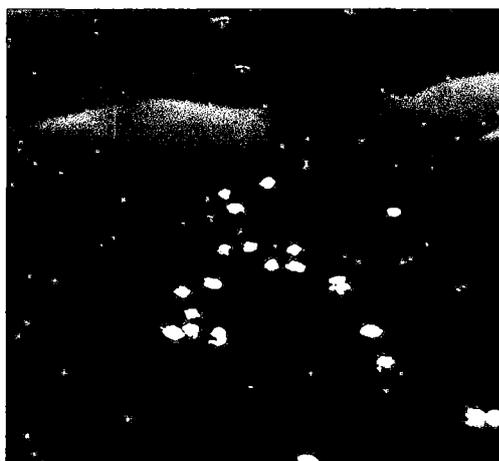


**Figura 24.** *Conectando aireadores.*

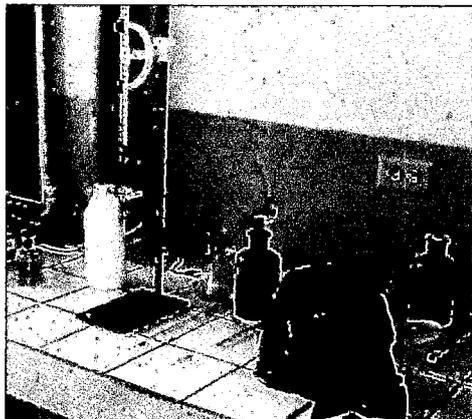


**Figura 25.** *Tilapias en agua limpia.*

El alimento suministrado fue de Nicovita – Alicorp, el cual tenía diferente tamaño y porcentaje de proteínas dependiendo de las necesidades del individuo (Figura 26) y de sus requerimientos nutricionales. La frecuencia alimentaria fue de 6 veces por día para alevines y de 4 veces para crecimiento. La administración del alimento se realizó manualmente siguiendo la tabla de alimentación de Alicorp, en la que se considera peso promedio como punto de partida, para sacar la ración alimenticia. Así también se realizaron los monitoreos de pH, temperatura y oxímetro diariamente (Figuras 27 y 28).



**Figura 26.** *Alimento extruido de Alicorp para crecimiento.*



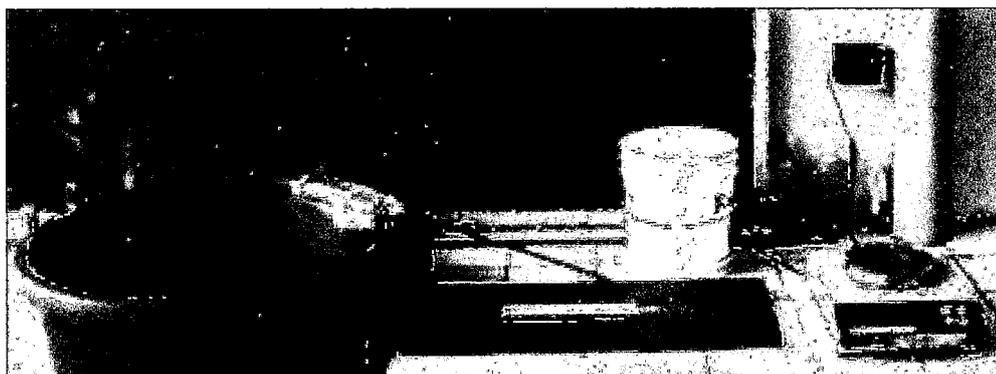
**Figura 27.** *Método de Winkler*



**Figura 28.** *Medición de pH y oxígeno.*

### **5.5: TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS.**

Los controles biométricos se realizaron cada quince días a fin de ajustar la tasa de alimento. (Figuras 29 y 30).



**Figura 29.** *Preparación de materiales y equipos para el muestreo biométrico.*



**Figura 30.** *Captura del ejemplar para el control biométrico.*

### 5.5.1: PROCESAMIENTO DE DATOS

Se utilizaron las siguientes fórmulas:

**Incremento de Peso:** El incremento de peso fue hallado mediante la fórmula de (Hopkins, 1992; citado por Gutiérrez, 1999):

$$\Delta W = W_f - W_i$$

Donde:

$\Delta W$ : Incremento de peso (g);  $W_f$ : Peso final (g);  $W_i$ : Peso inicial (g).

**Tasa de crecimiento absoluto (Absolute Growth Rate):** La tasa de crecimiento se evaluó quincenalmente en función al peso. Esta se obtuvo dividiendo el incremento de peso entre el número de días (Heinsbroek, 1990).

$$\text{RGR} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso Inicial}}{\text{N}^\circ \text{ de días}}$$

**Índice de conversión alimenticia (I.C.A):** La conversión alimenticia se evaluó quincenalmente. (Roberts, 1980; citado por Ubarnes, J, 2003)

$$ICA = \frac{\text{Alimento ingerido (g)}}{\text{Incremento de peso (g)}}$$

**Factor de Condición (FC):** El grado de robustez de calculó de la siguiente manera (Fulton, 1911; citado por Tresierra, A., 1993):

$$F = \frac{P \text{ (g)}}{L \text{ (cm)}^3}$$

Donde:

P: Peso (g.) / L: Longitud (cm.).

Para el los análisis estadísticos y gráficos, se utilizaron los aplicativos electrónicos EXCEL 2000 y SPSS 13.0, con la finalidad de determinar las variaciones que existieron entre los diferentes tratamientos, mediante las pruebas estadísticas de Levene y T-Student, dependiendo del análisis tomando como criterio general el 5% de nivel de significancia; además, se realizaron correlaciones y regresiones lineales.

## CAPÍTULO VI

### RESULTADOS

#### 6.1: CRECIMIENTO

##### 6.1.1: EN PESO (g.)

Los valores medios de las muestras de cada réplica fueron transformados a logaritmo, analizados y comparados, mediante la prueba de Levene y T-Student, comprobándose que los valores de crecimiento en peso no presentaron varianzas heterogéneas ( $P=0,57$ ) y que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0,68$ ).

Se aplicó el análisis de relación y correlación simple para determinar las ecuaciones de regresión de crecimiento en el tiempo, ajustándose en este caso a una ecuación potencial, siendo así que los intervalos de confianza para  $\beta$  fueron los siguientes:

$$\text{Agua marina: } \text{Log } Y=0,160775+0,7556 \text{ Log } X / r^2=R^2=0,918 / S_b = 0,048$$

$$0,755-(2,2622 \times 0,048) < \beta < 0,755+(2,2622 \times 0,048)$$

$$0,646 < \beta < 0,864$$

$$\text{Agua continental: } \text{Log } Y=-0,226+0,685 \text{ Log } X / r^2=R^2=0,924 / S_b = 0,041$$

$$0,685-(2,2622 \times 0,041) < \beta < 0,685+(2,2622 \times 0,041)$$

$$0,590 < \beta < 0,779$$

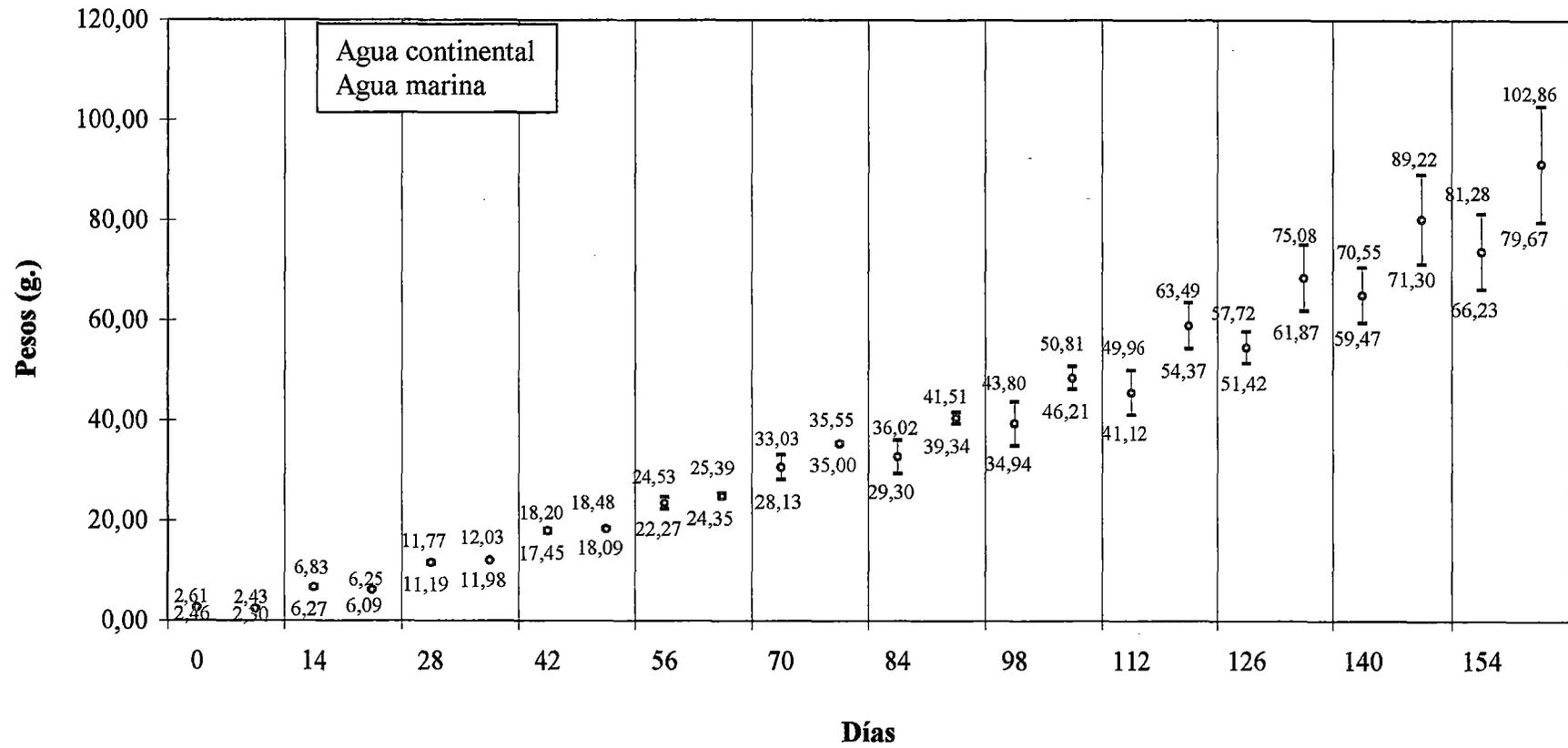
Los pesos finales obtenidos en agua marina y agua continental fueron de  $91,27 \pm 16,40$  g. y  $73,75 \pm 10,64$  g. respectivamente (Tabla IX, Figuras 31, 32, 33).

**TABLA IX.** *Variaciones del crecimiento en peso (g) de tilapia roja, Oreochromis spp. en agua marina y agua continental.*

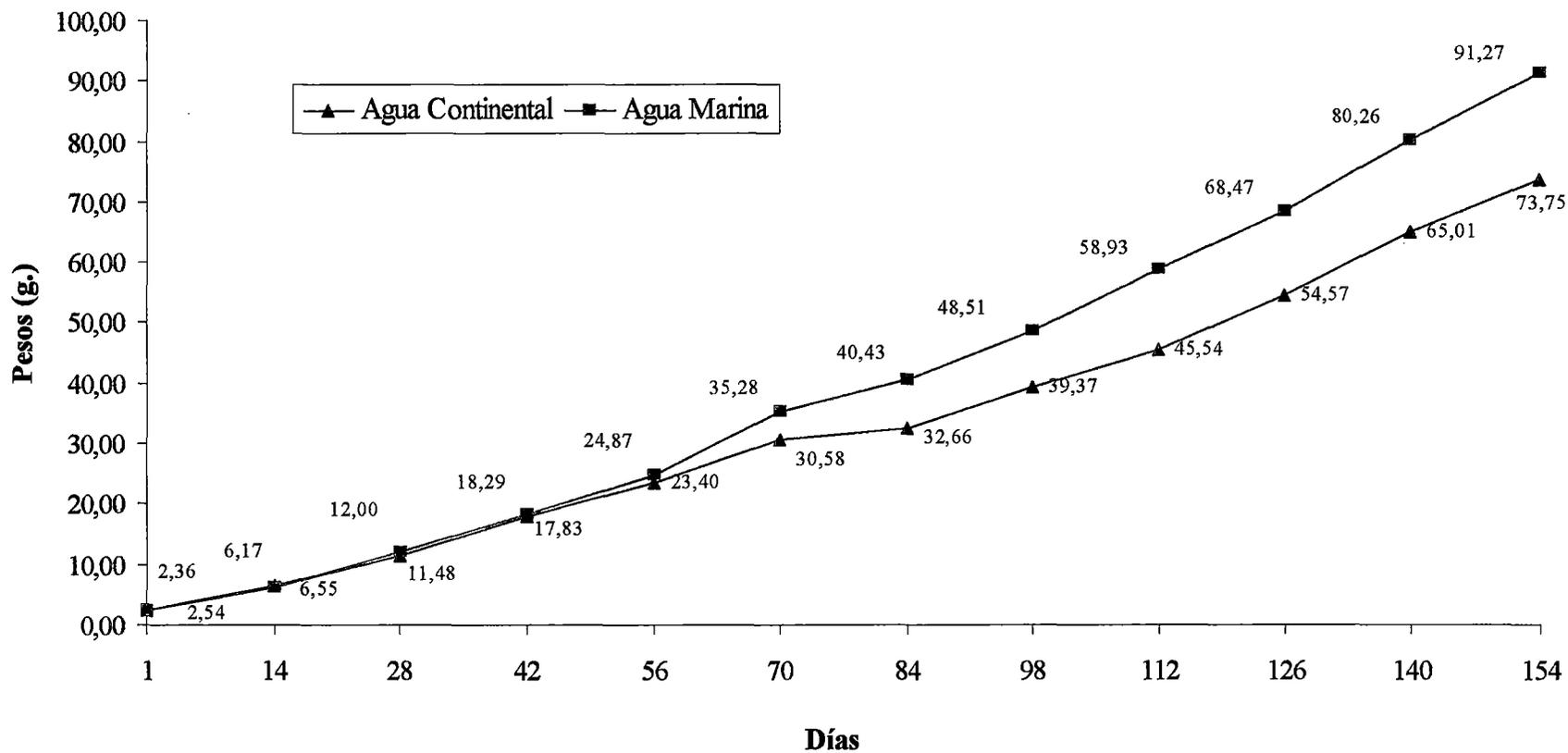
		<b>Agua marina</b>	<b>Agua continental</b>
<b>Días</b>	<b>Muestreo</b>	<b>X ± DE</b>	<b>X ± DE</b>
1	20/07/2003	2,36 ± 0,09	2,54 ± 0,10
14	03/08/2003	6,17 ± 0,11	6,55 ± 0,40
28	17/08/2003	12,00 ± 0,04	11,48 ± 0,41
42	31/08/2003	18,29 ± 0,28	17,83 ± 0,52
56	14/09/2003	24,87 ± 0,74	23,40 ± 1,60
70	28/09/2003	35,28 ± 0,39	30,58 ± 3,46
84	12/10/2003	40,43 ± 1,53	32,66 ± 4,74
98	26/10/2003	48,51 ± 3,25	39,37 ± 6,27
112	09/11/2003	58,93 ± 6,45	45,54 ± 6,26
126	23/11/2003	68,47 ± 9,34	54,57 ± 4,45
140	07/12/2003	80,26 ± 12,67	65,01 ± 7,83
154	21/12/2003	91,27 ± 16,40	73,75 ± 10,64

X = Media.

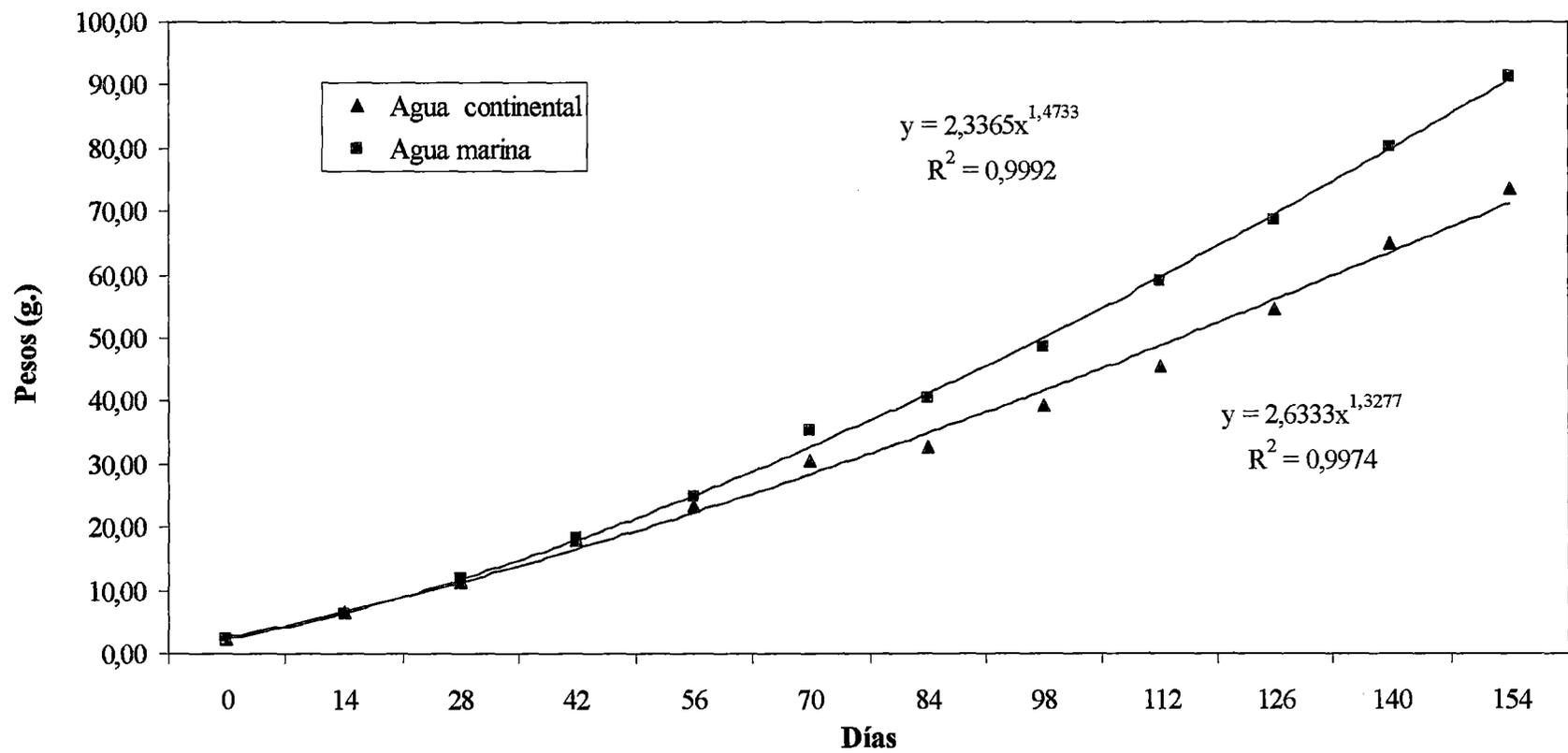
DE = Desviación estándar.



**FIGURA 31.** Fluctuaciones del crecimiento en peso (g.) de tilapia roja, *Oreochromis spp.* con sus valores máximos y mínimos, en agua marina y agua continental.



**FIGURA 32.** Incremento en peso de las medias, de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y continental.



**Figura 33.** Relación de crecimiento en peso (g.), de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.

### 6.1.2: EN LONGITUD (cm.)

En cuanto al crecimiento en longitud (cm.), se analizaron mediante la prueba de Levene, los valores medios de los dos tratamientos, llegándose a determinar, que las varianzas fueron homogéneas ( $P=0,58$ ). Posteriormente se aplicó la prueba de T-Student y se determinó finalmente la no significancia entre tratamientos ( $P=0,78$ ).

Se aplicó el análisis de relación y correlación simple para determinar las ecuaciones de regresión de crecimiento en el tiempo, ajustándose en este caso a una ecuación potencial, siendo así que los intervalos de confianza para  $\beta$  fueron los siguientes:

Agua marina:  $\text{Log } Y=0,638+0,250\text{Log}X / r^2=R^2=0,908 / S_b = 0,016$

$$0,250-(2,2622 \times 0,016) < \beta < 0,250+(2,2622 \times 0,016)$$

$$0,2124 < \beta < 0,289$$

Agua continental:  $\text{Log } Y=0,656+0,232\text{Log}X / r^2=R^2=0,917 / S_b = 0,014$

$$0,232-(2,2622 \times 0,014) < \beta < 0,232+(2,2622 \times 0,014)$$

$$0,92526 < \beta < 1,06907$$

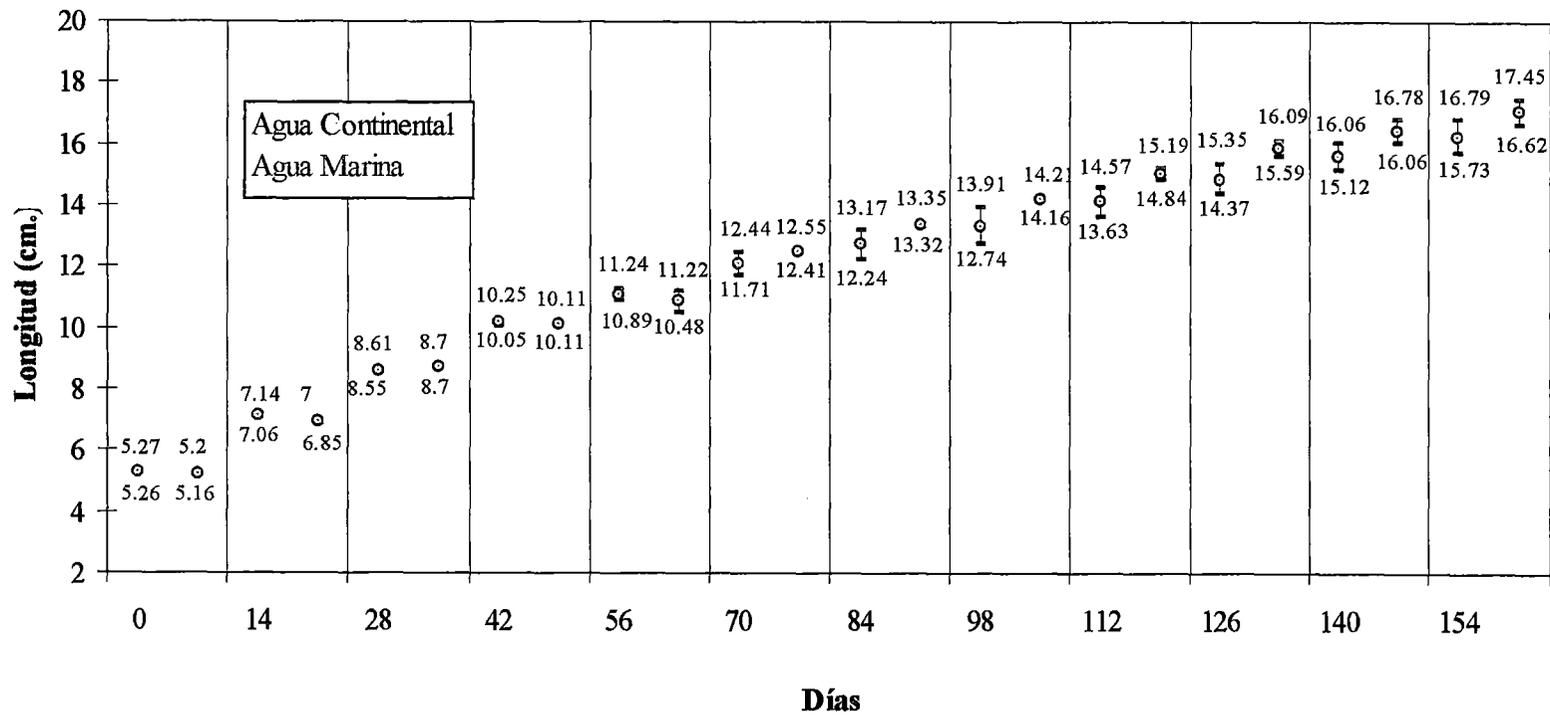
Las tallas finales obtenidas en agua marina y agua continental fueron de  $17,03 \pm 0,58$  cm. y  $16,26 \pm 0,$

**TABLA X.** Variaciones del crecimiento en longitud (cm.), de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.

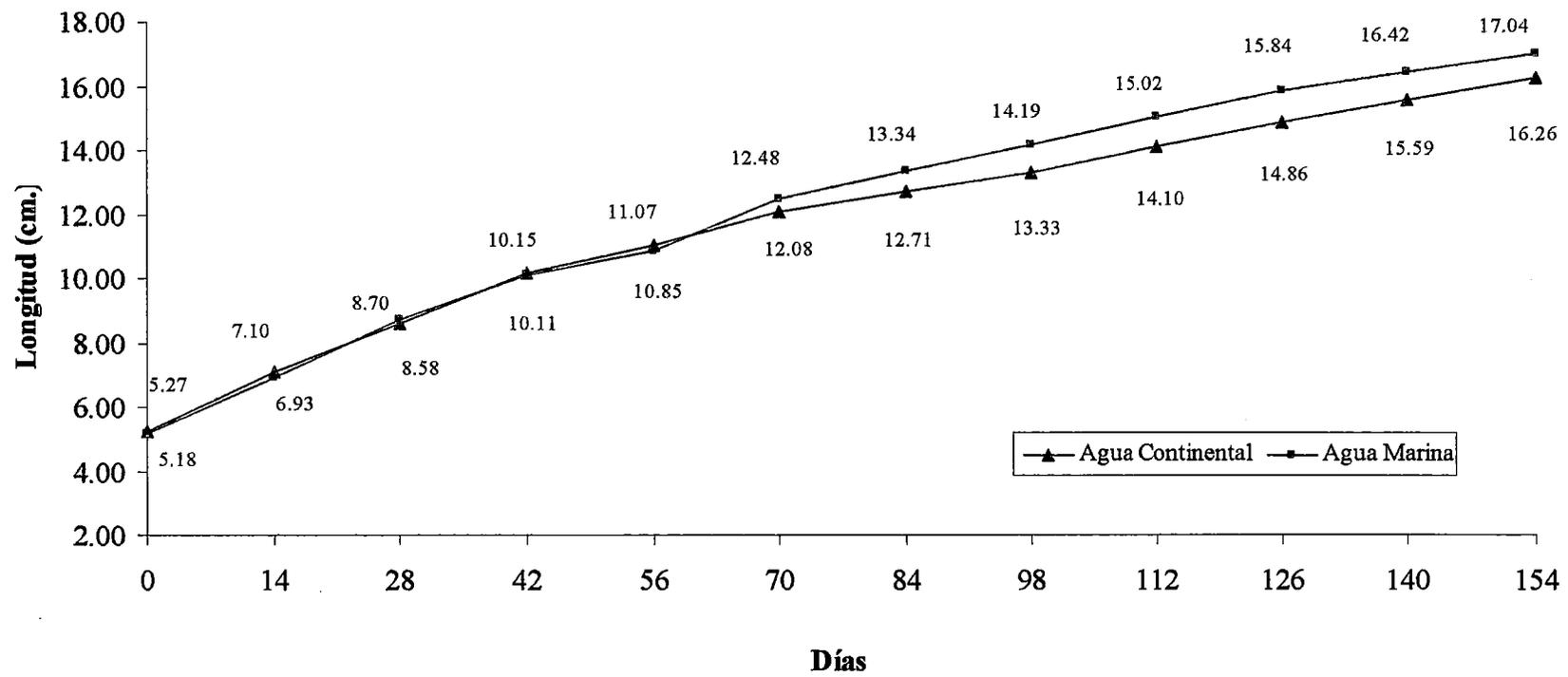
		<b>Agua marina</b>	<b>Agua continental</b>
<b>Días</b>	<b>Muestreos</b>	<b>X ± DE</b>	<b>X ± DE</b>
0	20/07/2003	5,18 ± 0,02	5,26 ± 0,01
14	03/08/2003	6,92 ± 0,10	7,10 ± 0,05
28	17/08/2003	8,70 ± 0,00	8,58 ± 0,04
42	31/08/2003	10,11 ± 0,00	10,15 ± 0,14
56	14/09/2003	10,85 ± 0,52	11,06 ± 0,24
70	28/09/2003	12,48 ± 0,09	12,07 ± 0,51
84	12/10/2003	13,33 ± 0,02	12,70 ± 0,65
98	26/10/2003	14,18 ± 0,03	13,32 ± 0,82
112	09/11/2003	15,01 ± 0,24	14,10 ± 0,66
126	23/11/2003	15,84 ± 0,35	14,86 ± 0,69
140	07/12/2003	16,42 ± 0,50	15,59 ± 0,66
154	21/12/2003	17,03 ± 0,58	16,26 ± 0,74

X = Media.

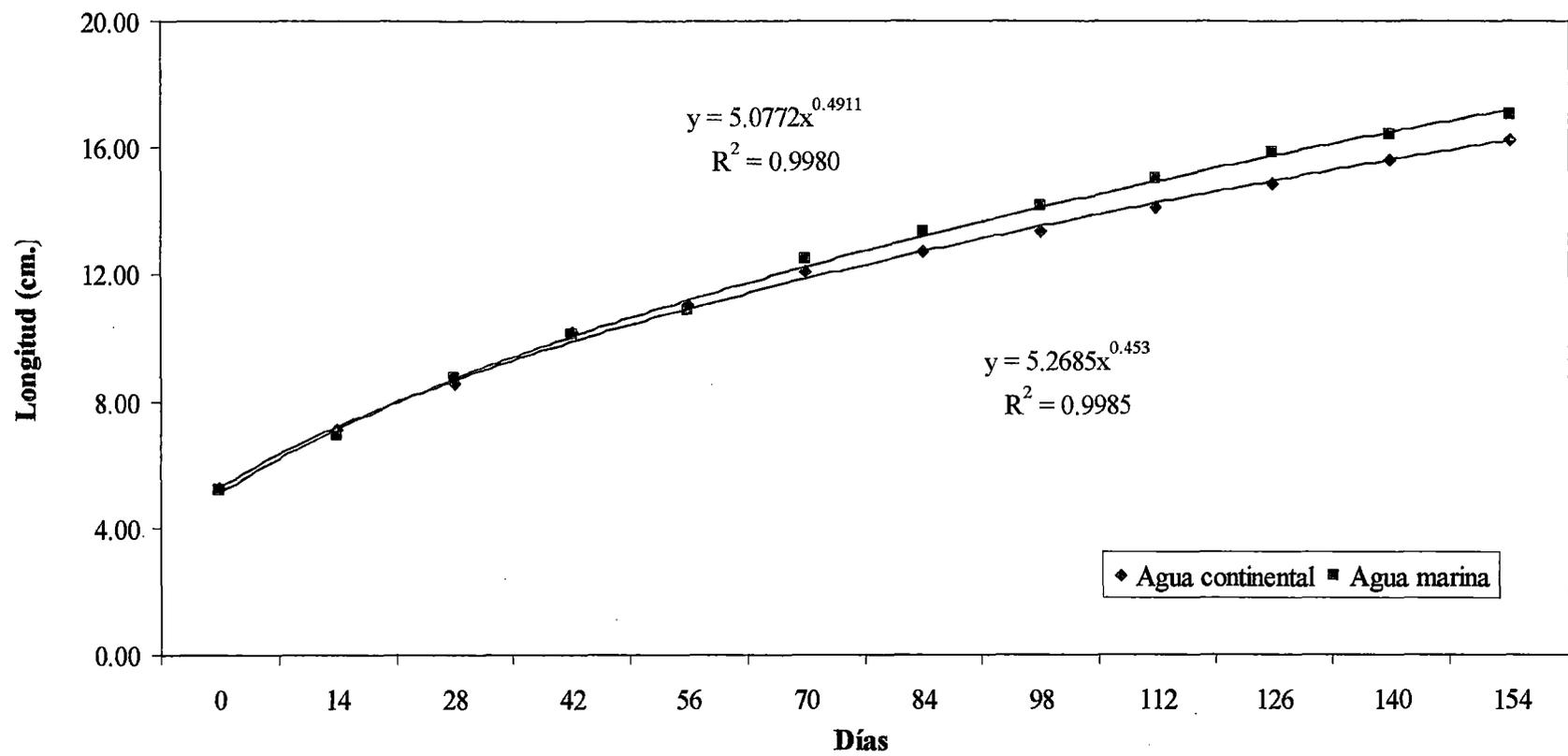
DE = Desviación estándar.



**Figura 34.** Fluctuaciones del crecimiento en longitud (cm), de tilapia roja *Oreochromis* spp. con sus valores máximos y mínimos, en agua marina y agua continental.



**Figura 35.** Incremento de longitud de las medias, de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.



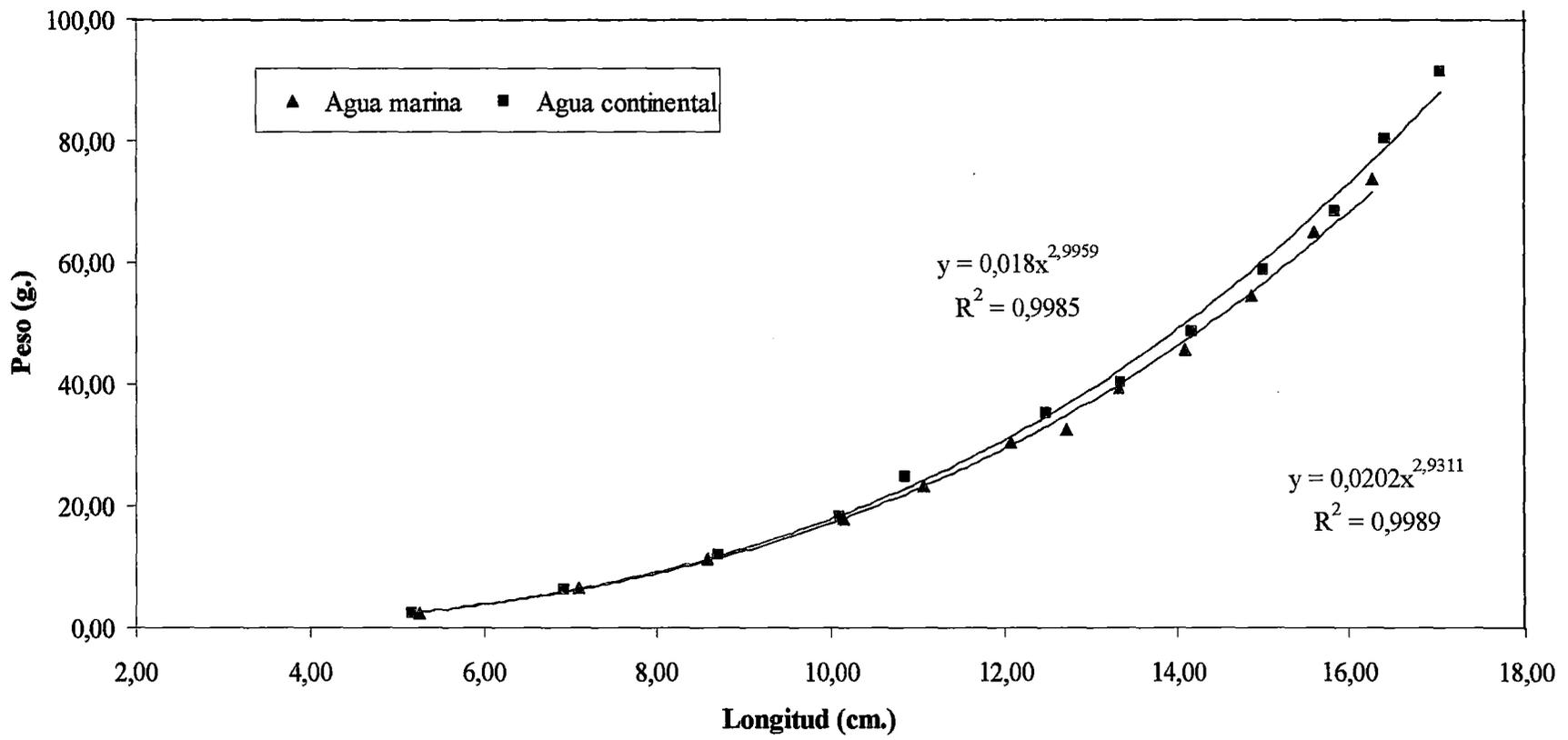
**Figura 36.** Relación de crecimiento en longitud (cm.), de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.

## 6.2: RELACIÓN PESO – LONGITUD

Se aplicó el análisis de correlación múltiple para determinar la ecuación de regresión para la relación peso – longitud y así detectar el grado de dependencia lineal entre variables y los parámetros, o entre las mismas variables, ya que éstas nos permiten inferir el peso y talla individual con relación al tiempo, además del peso individual con relación a la longitud. Con fines comparativos se procedió a calcular la relación con diferentes ecuaciones de regresión (lineal, logarítmica, polinomial, potencial exponencial) de las cuales se escogieron las potenciales por presentar aproximaciones con carácter predictivo cercanas a 1 (Tabla XI, Figura 37).

**Tabla XI.** Ecuaciones de correlación para peso – longitud.

	AGUA MARINA		AGUA CONTINENTAL		
Ecuaciones	Y	R <sup>2</sup>	Ecuaciones	Y	R <sup>2</sup>
Lineal	$6,372x - 41,305$	0,9196	Lineal	$7,337x - 48,742$	0,9195
Logarítmica	$71,624\text{Ln}(x) - 134,39$	0,8154	Logarítmica	$60,428\text{Ln}(x) - 112,4$	0,8183
Polinomial	$0,602x^2 - 6,406x + 20,954$	0,9986	Polinomial	$0,574x^2 - 6,183x + 20,668$	0,996
Potencial	$0,0180x^{2,9959}$	0,9985	Potencial	$0,0202x^{2,9311}$	0,9989
Exponencial	$0,852e^{0,2844x}$	0,9646	Exponencial	$0,817e^{0,288x}$	0,9723



*Figura 37. Relación longitud – peso, de tilapia roja Oreochromis spp. en agua marina y agua continental*

### 6.3: FACTOR DE CONDICIÓN

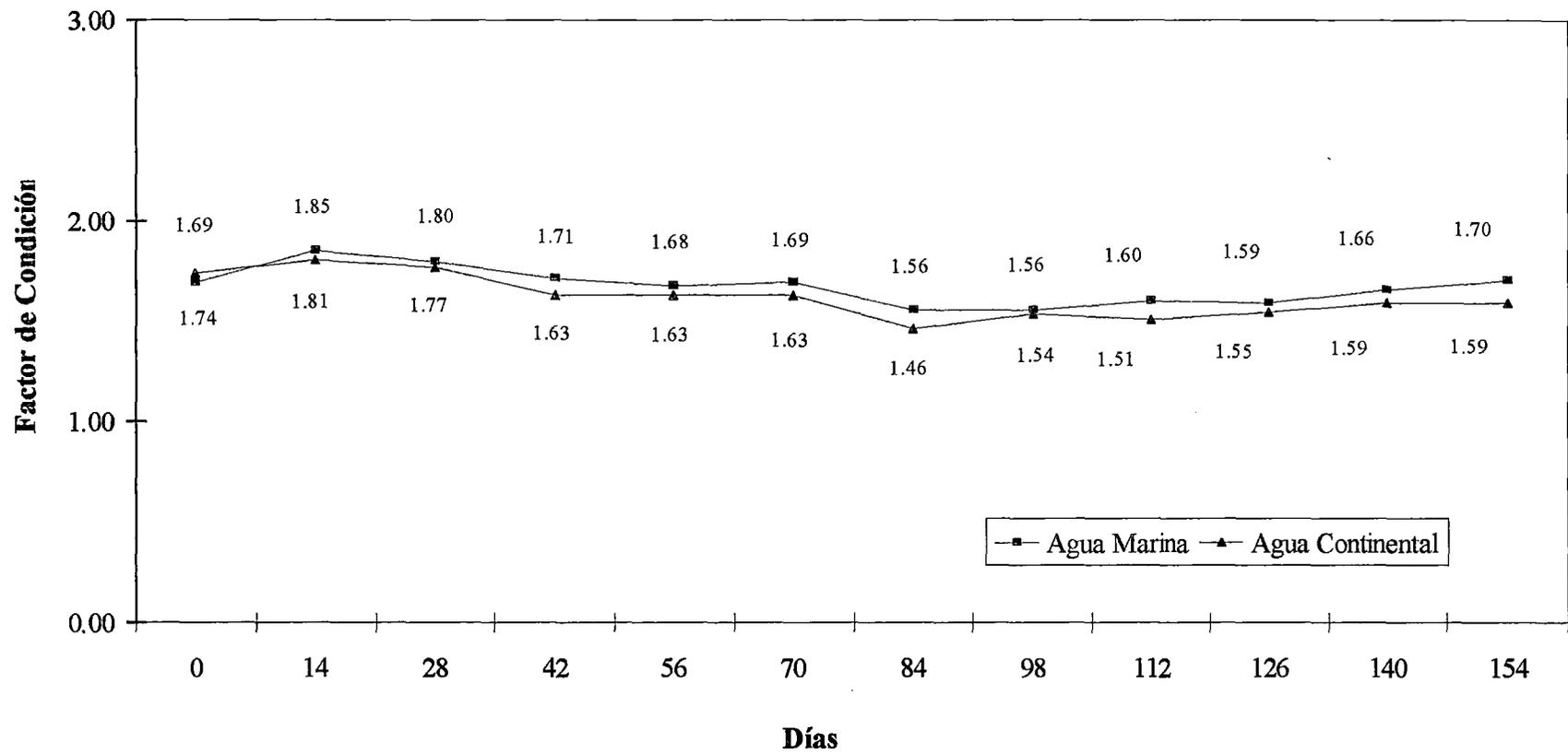
Se realizó el Análisis de varianza comparando los datos de ambos tratamientos y se observó que las varianzas eran iguales ( $P=0,56$ ).

Gracias a la prueba de T-Student comparamos los tratamientos para determinar si existió diferencia significativa entre ellos, no encontrándose significancia ( $P=0,07$ ) (Tabla XII, Figura 38)

Los peces de ambos tratamientos se encontraban bien nutridos, desde el más pequeño hasta el mayor de ellos.

**Tabla XII.** Factores de condición de la tilapia roja, *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.

FACTOR DE CONDICIÓN			
		Agua marina	Agua continental
Días	Muestreo	X ± DE	X ± DE
1	20/07/2003	1,69 ± 0,03	1,74 ± 0,07
14	03/08/2003	1,85 ± 0,05	1,81 ± 0,07
28	17/08/2003	1,80 ± 0,01	1,77 ± 0,04
42	31/08/2003	1,71 ± 0,01	1,63 ± 0,01
56	14/09/2003	1,68 ± 0,01	1,63 ± 0,01
70	28/09/2003	1,69 ± 0,03	1,63 ± 0,002
84	12/10/2003	1,56 ± 0,03	1,46 ± 0,01
98	26/10/2003	1,56 ± 0,05	1,54 ± 0,03
112	09/11/2003	1,60 ± 0,05	1,51 ± 0,003
126	23/11/2003	1,59 ± 0,06	1,55 ± 0,08
140	07/12/2003	1,66 ± 0,05	1,59 ± 0,01
154	21/12/2003	1,70 ± 0,07	1,59 ± 0,003



**Figura 38.** Valores del factor de condición, de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.

#### **6.4: TASA DE CRECIMIENTO.**

Se realizó el análisis de varianza para los tratamientos, mediante la prueba de Levene ( $P=0,47$ ). T-Student nos determinó que no existió diferencia significativa entre tratamientos analizando este parámetro ( $P=0,07$ ) y obteniendo como promedio los valores de  $0,58 \pm 0,22$  g/día y  $0,46 \pm 0,19$  g/día para los tratamientos de agua marina y continental, respectivamente. (Tabla XIV, Figura 39).

#### **6.5: CONVERSIÓN ALIMENTICIA.**

Utilizando la prueba de Levene, se observó que no existió diferencia entre varianzas ( $P=0,25$ ). Con T-Student se halló la no significancia entre tratamientos, obteniendo como promedio los valores de  $1,47 \pm 0,46$  y  $1,77 \pm 1,36$  para los tratamientos de agua marina y continental respectivamente, y resultando que no se halló diferencia significativa entre los tratamientos ( $P=0,41$ ) (Tabla XIV, Figura 40)

#### **6.6: PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS.**

Los parámetros fisicoquímicos obtenidos, también fueron analizados para ver si existieron diferencias significativas entre estos, así veríamos si influyeron de

alguna u otra manera en los resultados finales, dándonos que no existió diferencia significativa entre tratamientos para éstos tres parámetros ( $P>0,05$ )

**Tabla XIII.** *Promedios de factores fisico – químicos en los tratamientos.*

	<b>Temperatura</b>	<b>pH</b>	<b>Oxígeno</b>
<b>Agua marina</b>	27,44 ± 1,24	7,49 ± 0,21	5,30 ± 1,90
<b>Agua continental</b>	27,39 ± 1,08	7,60 ± 0,1	5,61 ± 2,03

**TABLA XIV.** Variaciones de las tasas de crecimiento y conversión alimenticia, de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y continental.

	TC		CA	
	Agua marina	Agua continental	Agua marina	Agua continental
Días	X ± DE	X ± DE	X ± DE	X ± DE
14	0,27 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,67 ± 0,05	0,66 ± 0,04
28	0,42 ± 0,01	0,35 ± 0,0008	0,89 ± 0,01	1,04 ± 0,01
42	0,45 ± 0,02	0,45 ± 0,07	1,29 ± 0,07	1,24 ± 0,22
56	0,47 ± 0,03	0,40 ± 0,08	1,51 ± 0,08	1,77 ± 0,29
70	0,74 ± 0,02	0,51 ± 0,13	1,33 ± 0,08	1,73 ± 0,56
84	0,37 ± 0,08	0,15 ± 0,09	2,00 ± 0,43	5,08 ± 3,35
98	0,58 ± 0,12	0,48 ± 0,11	1,49 ± 0,27	1,44 ± 0,39
112	0,74 ± 0,23	0,44 ± 0,0009	1,37 ± 0,34	1,71 ± 0,02
126	0,68 ± 0,21	0,65 ± 0,13	1,97 ± 0,41	1,50 ± 0,28
140	0,84 ± 0,24	0,75 ± 0,24	1,85 ± 0,31	1,63 ± 0,61
154	0,79 ± 0,27	0,62 ± 0,20	1,77 ± 0,35	1,71 ± 0,59

X = Mediana.  
DE = Desviación estándar.

. En agua marina y agua continental.

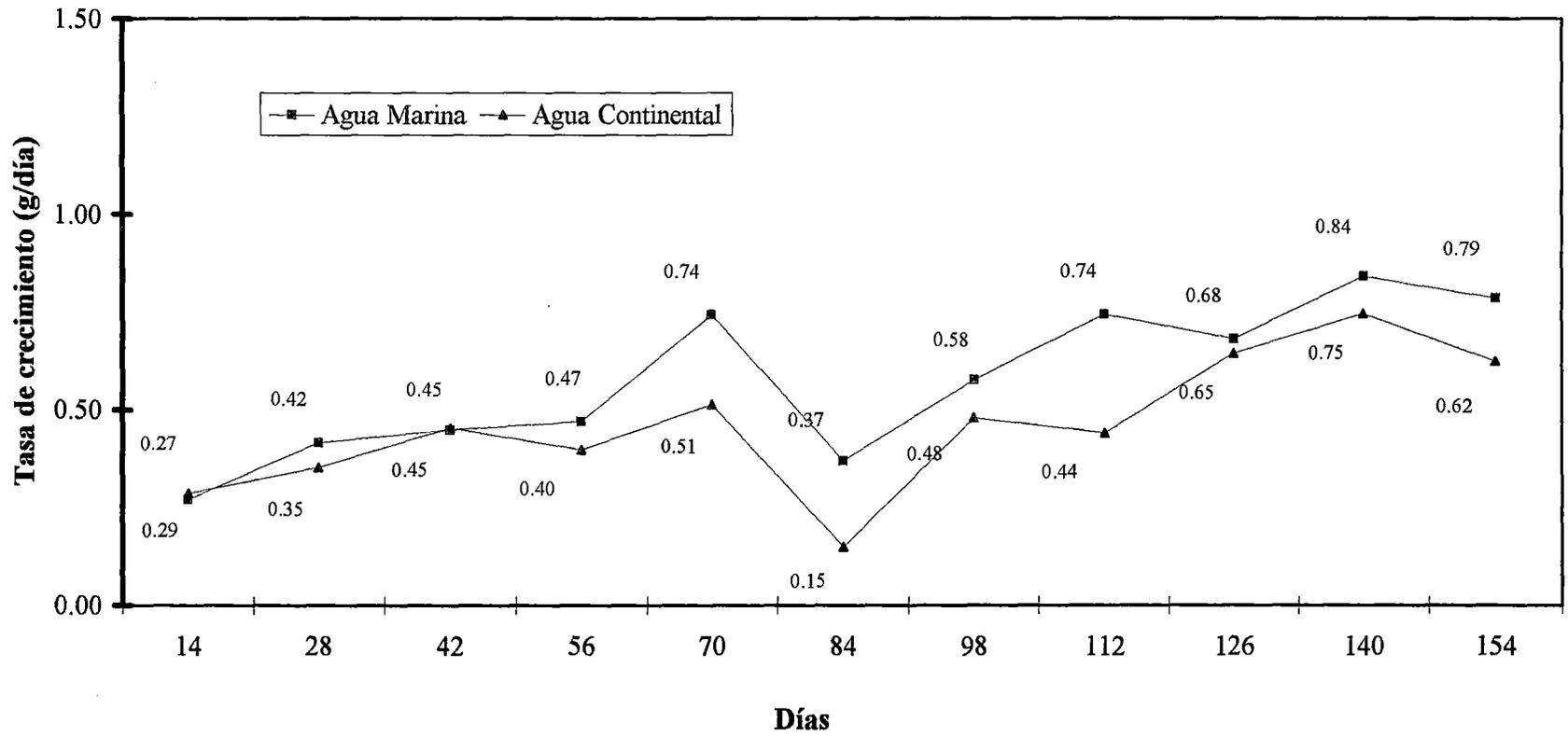
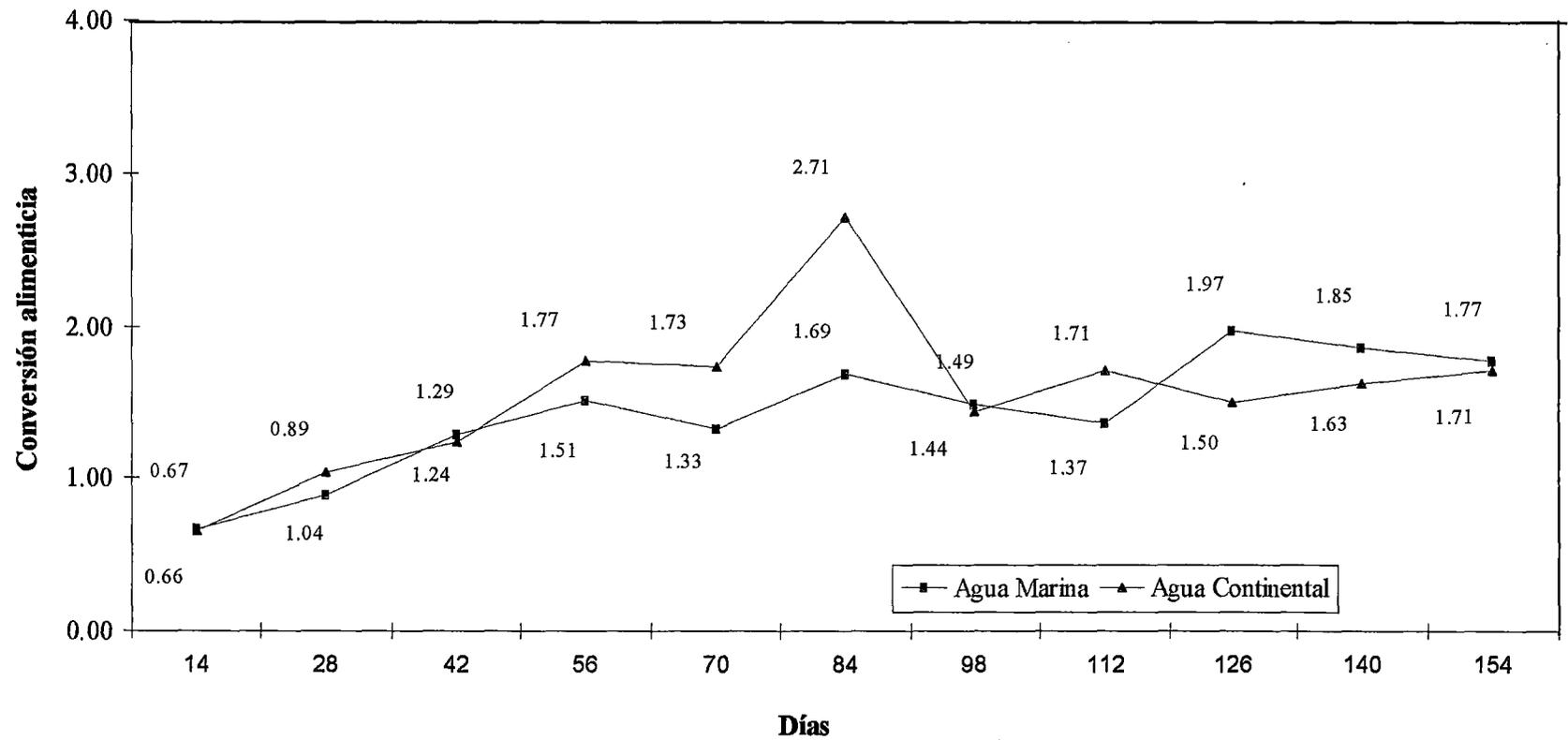


FIGURA 39. Variación de la tasa de crecimiento (TC), de tilapia roja *Oreochromis spp.* en agua marina y agua continental.



**FIGURA 40.** Variación de la conversión alimenticia (CA), de tilapia roja *Oreochromis spp.* En agua marina y agua continental.

## CAPÍTULO VII

### DISCUSIONES

#### 7.1: CRECIMIENTO

Muchas especies de tilapia son eurohalinas pero las respuestas de crecimiento varían considerablemente por factores como métodos de aclimatación, genética, edad y otros.<sup>1</sup> Los límites de tolerancia de la salinidad en las especies de tilapia pueden variar en función de la raza y de otros factores como temperatura, método de aclimatación, edad y talla corporal.<sup>2</sup>

En cuanto a las tasas de crecimiento obtenidas en experimentos de comparación de diferentes salinidades, las tasas de crecimiento obtenidas por García-Ulloa et. al. (2001), en su trabajo con tilapia revertida en agua a diferentes salinidades, fueron 0,42 g/d en aguas a 0‰ y de 0,51 g/d en aguas marinas a 32‰, no encontrando significancia entre tratamientos, mientras que para la presente investigación se obtuvieron 0,58 g/día y 0,46 g/día para los tratamientos en agua marina y continental respectivamente y al igual que para el experimento anterior, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Watanabe et. al. (1987) trabajó con tilapia roja a diferentes salinidades, concluyendo que la tilapia roja es capaz de lograr un mayor crecimiento conforme se incrementa la concentración salina.

---

<sup>1</sup> Growth and feed utilization of the tilapia hybrid *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* cultured at different salinities under controlled laboratory conditions. Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 32, N° 1, marzo, 2001, p.119

<sup>2</sup> Tilapia culture in saline waters: a review. Aquaculture 1992; 106: p. 201 – 226

Mena-Herrera et. al. (2002), quien trabajó, al igual que García-Ulloa, con híbridos de tilapia, encontraron diferencias significativas en el crecimiento en tratamientos a 0‰ y a 35‰, obteniendo 2,69 y 1,49 g/d respectivamente, los cuales son mayores a los resultados obtenidos en mi trabajo.

Si se trata de trabajos realizados solo en agua de mar, se puede citar el trabajo realizado en las Islas Martinicos, en el año 1988, donde se obtuvieron tasas de crecimiento entre 0,36 g/d y 1 g/d, los cuales son valores más cercanos a los del presente trabajo.

Según Ernst et al. (1989) y Clark et. al (1990) quienes colocaron en agua de mar tilapia roja con densidades de 10 a 25 ind/m<sup>3</sup>, obteniendo tasas de crecimiento de 2,74 g/d y 3,68 g/d respectivamente, siendo éstas tasas de crecimiento levemente más altas que las obtenidas en este experimento.

Watanabe et. al. (1990), cultivó tilapias en agua marina con peso promedio inicial de 1,79 g. obteniendo a los 30 días como peso final 13,8 g, resultados que no difieren mucho a los obtenidos en este experimento en el que se contó con peso promedio inicial de 2,36 g. y como peso promedio a los 30 días de 12,90 g. aprox. Y en el año 1997, obtuvo tasas de crecimiento de 1,9 g/d de tilapia roja cultivada en agua marina.

En el 2000, en Tumbes, se realizó un cultivo semi-intensivo de tilapia roja híbrida a diferentes densidades de siembra, obteniendo tasas de crecimiento de

1,89; 2,81 y 3,32 g/d, las cuales resultaron muchos más altas que las obtenidas en este experimento.

En el año 2001, Medina, realizó un experimento con tilapia híbrida en agua marina y con cuatro diferentes densidades de siembra, obteniendo tasas de crecimiento que variaron entre 1,09 y 1,25 g/d resultando mayores que las obtenidas en este trabajo.

Cabrera et. al (2001), realizó un cultivo experimental de híbrido de tilapia en ambiente marino con dietas constituidas por diferentes niveles de soya. Estos datos de crecimiento, se acercaron más a los del trabajo realizado, ya que obtuvieron como tasas de crecimiento los valores de 0,7; 0,9 y 1,1 g/d.

Si se trata de trabajos realizados sólo en agua continental, citaré solo experimentos realizados estos últimos años con tilapia roja híbrida, y además los últimos realizados en el Perú. Al respecto, en Tambo de Mora - Ica, realizaron los cultivos experimentales de esta especie, en estanques circulares durante los años 1999 y 2000, obteniendo tasas de crecimiento de 1,27 g/d y 1,24 g/d, estos resultados fueron un más altos que el obtenido en este trabajo, que fue de 0,46 g/d.

El mismo año y en la ciudad de Ica, se realizó una prueba de cultivo de tilapia entre los meses de julio y marzo de año 2000, en el que se obtuvo una tasa de crecimiento de 1,19 g/d, que en comparación a la de nuestro trabajo, la obtenida en la ciudad de Ica fue mayor.

En el año 1999, se realizó en Brasil, un experimento de producción de tilapia roja de Florida en jaulas, en el que obtuvieron tasa de crecimiento de 0,92 g/d, que a comparación de las obtenidas en este trabajo, es un poco mejor.

## **7.2: CONVERSIONES ALIMENTICIAS.**

En cuanto a las conversiones de alimento obtenidas en experimentos de comparación de diferentes salinidades, las conversiones alimenticias obtenidas por García-Ulloa et. al. (2001), en su trabajo con híbridos de tilapia en agua a diferentes salinidades, fueron 1,71 en aguas a 0‰ y de 1,35 en aguas marinas a 32‰, una significancia entre tratamientos menor o igual a 0,05; mientras que para la presente investigación se obtuvieron 1,77 y 1,47 para los tratamientos en agua a 0‰ y a 35‰ respectivamente, pero a diferencia del experimento anterior, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Si se trata de trabajos realizados solo en agua de mar, se puede citar el trabajo realizado por los investigadores Ernst et al. (1989) y Clark et. al (1990) colocaron en agua de mar tilapia roja de Florida con densidades de 10 a 25 ind/m<sup>3</sup>, obteniendo conversiones alimenticias de 1,6 y 2,12 respectivamente siendo estas conversiones alimenticias levemente más altas que las obtenidas en este experimento.

En el año 1997, el mismo investigador, obtuvo la conversión alimenticias de 1,84 en un de tilapia roja en agua de mar, ligeramente más alta que la obtenida en

el presente trabajo. Trabajó también en un tanque alimentando con dietas de 32 a 20% consiguiendo una conversión alimenticia de 1,8.

Cabrera et. al (2001), realizó un cultivo experimental de híbrido de tilapia en ambiente marino con dietas constituidas por diferentes niveles de soya. Estos datos de crecimiento, se acercaron más a los del este experimento, ya que obtuvieron como conversiones alimenticias los valores de 3,37; 4,31 y 4,69.

Con respecto a experimentos realizados solo en aguas continentales, serán mencionados los realizados estos últimos años con tilapia roja híbrida en el Perú. Al respecto y en vista de que no se encontraron trabajos bajo las mismas condiciones, en Tambo de Mora - Ica, realizaron los cultivos experimentales de esta especie, en donde las conversiones alimenticias fueron de 1,5 obtenida a partir de alimento para langostino y de 1,29 obtenida con truchina los cuales son valores aproximados a los obtenidos en este trabajo.

El mismo año y en la ciudad de Ica, se realizó una prueba de cultivo de tilapia entre los meses de julio y marzo de año 2000, obteniendo para una dieta de 40 a 30% de proteínas, una conversión alimenticia de 1,8 que comparándola con la obtenida en este trabajo, la nuestra es mejor.

### **7.3: FACTOR DE CONDICIÓN**

No se encontraron trabajos en los que se mencionen factor de condición y que tengan las mismas condiciones, es por esto que se citarán los mencionados a continuación.

En el año 1987, en Panamá, se obtuvo un Factor de condición de 1,68 como promedio, después de 97 días de cultivo, resultados similares a los obtenidos en este trabajo, que fue de  $1,67 \pm 0,09$  en agua marina.

El factor de condición obtenido por el experimento realizado en Brasil, fue de 4,12; superior al obtenido por nosotros en este trabajo que fue de  $1,62 \pm 0,11$  para agua continental.

## **CAPÍTULO VIII**

### **CONCLUSIONES**

- A primera vista, comparando pesos y tallas uno ve que existen diferencias en cuanto al crecimiento, viendo que la tilapia roja cultivada en aguas marinas crece más que la cultivada en agua continental, pero estadísticamente, no se presentan diferencias significativas entre los dos tratamientos. Observando la Tabla IX de crecimiento en peso se puede decir que la tilapia en agua marina mantuvo un mayor crecimiento que la Tilapia cultivada en agua continental, a partir del día 28 de cultivo. En cuanto a Tabla X, que corresponde a longitud, se puede observar que a partir del día 70, la tilapia cultivada en agua de mar, se posiciona adelante hasta el final del experimento. Observando el intervalo de confianza para las pendientes en ambos tipos de agua, se ve que no existe diferencia significativa ya que se observa el valor del  $\beta$  estimado en la ecuación de regresión en agua continental se encuentra contenido en el intervalo de agua marina.
  
- En cuanto a la relación existente entre peso y longitud, utilizando la formula potencial, el coeficiente de determinación estuvo próximo a 1 ( $R^2 = 0,99$ ) para ambos tratamientos según se muestra en la Tabla XI, Así mismo se puede decir que se trata de un crecimiento isométrico ( $b=3$ ).

- Los factores de condición obtenidos para individuos cultivados en ambos tratamientos, tampoco presentaron diferencias significativas. Se puede decir que la cantidad de alimento suministrado fue el necesario.
- Estadísticamente las comparaciones en tasas de crecimiento y conversiones alimenticias obtenidas entre los tratamientos no presentaron diferencias significativas. Entre las semanas 70 y 98 se presentaron bajas tasas de crecimiento y altas conversiones alimenticias debido a factores externos que intervinieron durante esos días, provocando estrés en los individuos haciendo que éstos no asimilen normalmente el alimento consumido.
- Los valores de oxígeno y pH, no influyeron en los resultados de crecimiento puesto que se mantuvieron constantes entre tratamientos y no existió diferencia significativa entre las variantes de agua marina y agua continental.
- Se puede entonces concluir que si bien a simple vista existe diferencia entre el crecimiento de los individuos cultivados en agua marina y continental, estadísticamente no existe diferencia significativa si se decide realizar un cultivo de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas marinas o continentales.

## **CAPÍTULO IX**

### **RECOMENDACIONES**

- Es necesario continuar con las investigaciones de crecimiento de tilapia roja manteniendo los factores externos bien controlados, como por ejemplo la temperatura, evitando de esta manera caídas en el crecimiento y alteraciones en los resultados esperados.
  
- Se debe tener sumo cuidado con los parámetros físicos y químicos, así como también planes de emergencia para posibles variaciones de factores externos, los cuales influyen en los resultados.
  
- Se deben continuar las investigaciones de comparación de crecimiento tomando en cuenta otros parámetros como la tasa de respiración, metabolismo, alimentación, recirculación, con la obtención final de individuos de talla comercial, realizando de esta manera un estudio de factibilidad de producción en diferentes condiciones de cultivo.
  
- El hecho de haber llegado a la conclusión de que no existe diferencia significativa en el cultivo de tilapia en agua marina y agua continental a nos llevaría a realizar más experimentos de cultivo en agua marina, usando ésta como una alternativa de cultivo, aprovechando una parte de la costa del país que no está

siendo utilizada para cultivos ni está siendo habitada, pero siempre con los respectivos estudios de impacto ambiental asegurando de esta manera que el cultivo de esta especie no ocasionaría perjuicios de ninguna índole.

- Además, sería bastante interesante realizar junto con el Instituto del Mar del Perú y su laboratorio de biología reproductiva, realizar cortes gonadales.

- Así mismo, es importante realizar trabajos de impacto ambiental que originarían los cultivos de estas especies en diferentes medios y bajo distintas condiciones de cultivo.

- Realizar más pruebas de sabor, teniendo ya en este trabajo una base en cuanto a características de sabor de la especie, encontrándose en ANEXO A y utilizando para ello la Tabla I. Esto es importante ya que permitiría tener un conocimiento de las preferencias del consumidor y poder acceder a tratamientos para darle valor agregado al producto final sin importar el medio de cultivo.

## CAPÍTULO X

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alimentando a sus peces. International center for aquaculture and aquatic environments Swingle Hall. Auburn University, Alabama – USA. (1996)
2. Aguilera, P. Noriega, P. La tilapia y su cultivo, Fondepesca; secretaria de pesca. México 1985.
3. Amerine, M., Pangborn, R. and Roesler, E. Principles of sensory evaluation of food. New York, Academic Press, 1965, p. 602
4. Baltazar P, Uribe R, y Arteaga J. Cultivo experimental de la tilapia roja *Oreochromis niloticus*.
5. Barnabé, G., Aquaculture.1989, Ediciones Omega, S.A. Barcelona – España (Lavoisier), París. 1991, p. 1999
6. Burmester, G. Policultivo de tilapia roja y langostino en una langostinera en Tumbes. Revista Acuicultura del Ecuador. Cámara Nacional de Acuicultura. Julio 2001.
7. Cabrera-B, T. Millán, J., Rosas C. J. Rengel, J. Cultivo del híbrido de tilapia en un ambiente marino, sustituyendo harinas de pescado por soya. INP. SAGARPA, Ciencia Pesquera N° 14, México 2001, p.121 – 125
8. Calderer, A. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Diser. Universidad de Barcelona, España, 2001.

9. Castillo, L. F. TILAPIA ROJA, Una Evolución de 22 años, de la Incertidumbre al éxito. <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/86.doc>.
10. Clark, A. Watanabe, Wade O. Olla, B. and Wicklund, R. Growth, feed conversion and protein utilization of Florida red tilapia fed isocaloric diets with different protein levels in seawater pools. *Aquaculture*. 1990, 88(1):75 – 85.
11. Dávila, J. Factibilidad para la exportación de filetes frescos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) al Mercado Norteamericano (ciudad de los Ángeles – Estado de California). Tesis para optar por el título de Experto en Comercio Exterior. Escuela de Comercio Exterior de la Asociación de Exportadores, 2005, p.9 -15.
12. Elías, V. Cultivo experimental de la tilapia *Oreochromis niloticus* en estanque circular. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, Pisco – Perú, 2002, p. 17.
13. Ernst, D. Ellingson, L. Olla, B. Wicklund, R. Watanabe, W. and Grover, J. Production of Florida red tilapia in seawater pools: nursery rearing with chicken manure and growout with prepared feed. *Aquaculture* 1989, 80:247-260.
14. Falange, P. Possebon, J. Castagnolli, N. Produção da tilapia vermelha da Florida em tanques-rede. *Scientia Agricola* vol. 56, Nº 3, Piracicaba, Brasil, julio 1999, p. 1 – 11

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010390161999000300023&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390161999000300023&lng=pt&nrm=iso)

15. García-Ulloa, M. Villa, R. Martínez, T. Growth and feed utilization of the tilapia hybrid *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* cultured at different salinities under controlled laboratory conditions. Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 32, N° 1, marzo, 2001, p.117 – 121.
16. Guardia, F., Sotolongo, M. Urieta, M. Yaniseii, E. Policultivo del camarón peneido (*Penaeus vannamei*) con tilapia roja. Estación Ing. Enrique Enseñat. DINAAC. Panamá, 1987, p. 7 – 11.
17. Gutiérrez, F. Efectos de Diferentes Niveles de Energía Digestible y Proteína sobre el Comportamiento Productivo y la Utilización de la Energía de la Gamitada "*Colossoma macropomum*" Pises Characidae. Tesis Universidad Nacional Agraria "La Molina". Lima – Perú 1999, p. 129.
18. Hanafi, H. Hean, C. Development of new technology in tilapia culture systems. Fresh Water Fishery Research Centre (FFRC).  
[http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture\\_protoc.htm](http://agrolink.moa.my/dof/ppat/culture_protoc.htm)
19. Heredia, B. Tipos de piscicultura. Aspectos técnicos de la producción; Investigadora. FONAIAP – Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico.  
<http://www.fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fd61/piscicu.html>.

20. Hurtado, N. Cultivo comparativo de alevines revertidos de *Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758 tilapia plateada y alevines revertidos de *Oreochromis spp.* tilapia roja, en aguas residuales tratadas de San Juan. Tesis para optar por el título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Federico Villareal, 2002, p. 158.
21. . Heinsbroke, G. Growth and Feeding of Fish, Integration course fish culture. Agriculture University. The Netherlands 1990, p. 93.
22. Jiménez, E. Crecimiento de *Penaeus vannamei* en policultivo con *Oreochromis mossambicus* x *O. urolepis hornorum*. Universidad Nacional de Tumbes, Perú, 2001, p. 34.
23. Malave, M. Altas densidades de tilapia roja en tanques de concreto. Corporación Venezolana del Suroeste. Gobernación del estado Táchira. AQUAFRESH C.A. 1991 – 1992.  
[http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/viiicongreso/VIII\\_3.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/viiicongreso/VIII_3.pdf)
24. Manual de cultivo de tilapias rojas en agua salada; Fundación Santo Domingo. 2000 [http://www.ejournal.unam.mx/vet\\_mex/vol33-01/RVM33104.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/vet_mex/vol33-01/RVM33104.pdf)
25. Medina, C. Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida en la fase de pre engorde, en cultivo con agua salada en Tumbes. Universidad nacional de Tumbes, 2001, p. 48.
26. Mena-Herrera, A. Sumano-López, H. Macías-Zamora, R. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. Veterinaria: 33 (1), México 2002, p. 39 – 48.

27. Mercado, J. Siegert, S. Cultivo en jaulas de tilapia roja *Oreochromis spp.* en aguas salobres. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Colombia, 1995, p. 211 – 225.
28. Morales, A. Tilapia en México (Biología, cultivo y Pesquerías). Editorial AGT S.A. 1991, p. 1 – 66.
29. Nirchio, M. y Pérez, J. E. Riesgos del cultivo de tilapias en Venezuela INCI vol. 27 no.1 Caracas. Enero. 2002.
30. Paz, M, O. Tilapia roja: la gallina del agua. AUREC. Colombia. 1997, p. 5  
<http://univalle.edu.co/aupec/AUPEC/tilapia.html>.
31. Pillay Y, R. Acuicultura: principios y práctica. Limusa. Editores Noriega. Balderas 1995, México D.F. p. 445 – 443.
32. Richie, M, Garling, D. Feeding Tilapia in Intensive Recirculating Systems, North Central regional Aquaculture Center 2003.  
[http://aquanic.org/publicat/usda\\_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf](http://aquanic.org/publicat/usda_rac/efs/ncrac/ncrac114.pdf).
33. Steffens, W. Principios Fundamentales de la Alimentación de los Peces. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España 1987, p. 81 – 94.
34. Suresh A., Lin Ck. Tilapia culture in saline waters: a review. Aquaculture 1992, p. 201 – 226.
35. Suk, C. K. Efectos de la temperatura sobre el crecimiento, tolerancia térmica, temperatura corporal y tasa de aclimatación de *Tilapia mossambica* bajo condiciones experimentales. Diser. Universidad de Oriente, Instituto Oceanográfico, Departamento de Biología Marina. Cumaná – Venezuela 1983, p. 97.

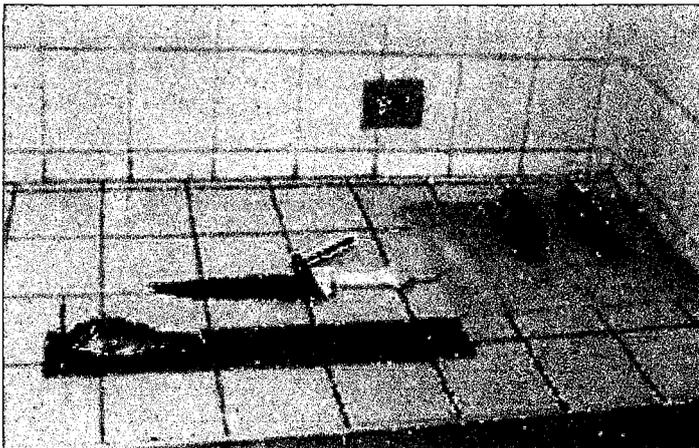
36. Tresierra, A. Culquichicón, Z. *Biología Pesquera*. Consejo Nacional de ciencia y Tecnología – CONCYTEC, Primera edición, Perú 1993, p. 432.
37. Ubarnes, J. *Evaluación del comportamiento productivo en la fase de acabado de la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) con dos dietas balanceadas y productividad natural en el distrito de Pachacamac*. Diser. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú, 2003, p. 53.
38. Watanabe, W. French, K. Ellingson, L. Wicklund R. Olla, B. The effects of salinity on growth food, consumption and conversion in juvenile, monosex male Florida red tilapia. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987, p. 16 – 20.
39. Watanabe, W. Clark, J. Dunham, J. Wicklum, R., Olla, B. Culture of Florida red Tilapia in marine cages: The effects of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture* 1990, p. 123 – 124.
40. Watanabe, W. Olla, B. Wiklund, R. Head, W. Saltwater culture of the Florida red and other saline tolerant tilapias: a review. B. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. "Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol. 1" World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. 1997, p. 54 – 14
41. Wong, K. Piedrahita, R. Solids removal from aquacultural raceways. *World aquaculture magazine*. Marzo 2003, p. 60 – 67.

## ANEXO A

### PRUEBA DE SABOR.

Al concluir el experimento, se realizó una degustación de los peces cultivados en agua continental y agua marina, para saber si existía alguna diferencia en cuanto al sabor de los filetes de tilapia, para así identificar futuras preferencias en el consumidor.

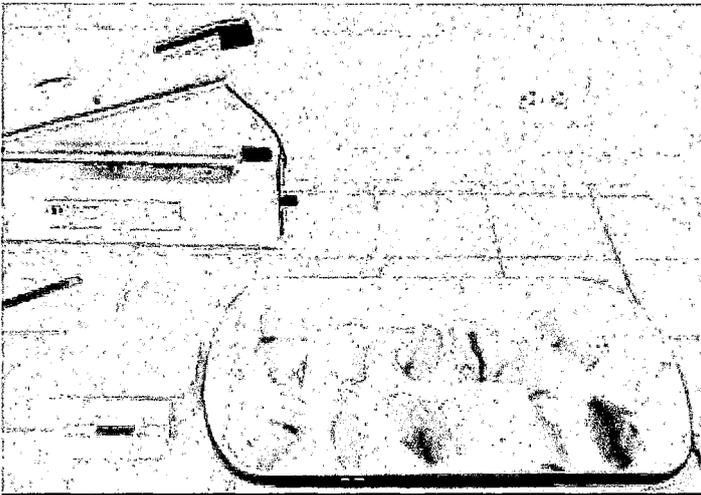
Los filetes se envasaron en bolsas plásticas de doble densidad y selladas al calor en los extremos. Se colocaron códigos a los filetes, siendo "A" para filetes obtenidos de individuos cultivados en agua continental y "B" para filetes obtenidos de individuos cultivados en agua marina. (Figuras 1, 2, 3, 4) Posteriormente los filetes fueron cocidos en agua hirviendo entre 8 a 10 minutos.



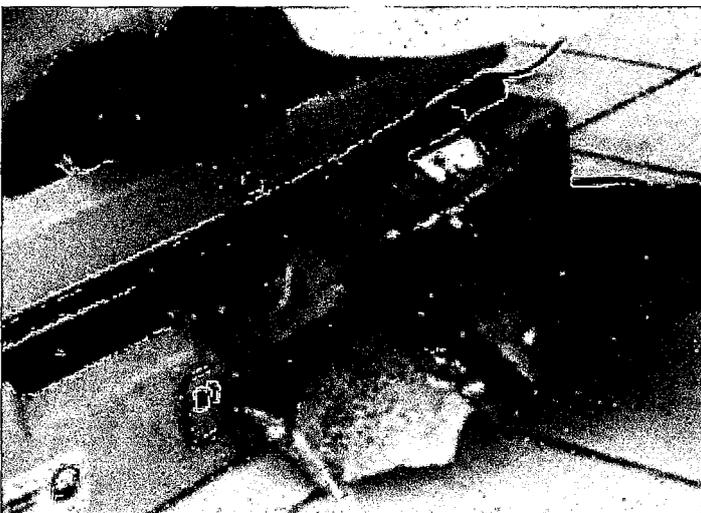
**Figura 1.** *Ejemplares antes de ser fileteados.*



**Figura 2.** *Tomando la temperatura a los filetes de tilapia con piel.*



**Figura 3.** *Filetes limpios listos para ser pesados y embasados.*



**Figura 4.** *Envasado de Filetes.*

Para la prueba de sabor, se hicieron fichas en las que el degustador completó algunas preguntas y colocó sus observaciones (Figura 5).

*Ficha* de control de degustación.

**EVALUACIÓN SENSORIAL  
PRUEBA DE COCCIÓN.**

Producto: Tilapia Roja - *Oreochromis spp.*

Fecha: 20/01/04.

MUESTRA	A	B
<b>1.- Apariencia General:</b>		
Buena		
Regular		
Mala		
<b>2.- Olor:</b>		
Bueno		
Regular		
Malo		
<b>3.- Textura:</b>		
Firme		
Blanda		
Algo blanda		
<b>4.- Sabor</b>		
Normal		
Anormal		
<b>5.- N° de Masticaciones:</b>		
Observaciones:		



**Figura 5.** Llenado de fichas después de la degustación.

De acuerdo a las fichas completadas por los degustantes, el total admitió que tanto la tilapia cultivada en agua continental como en agua marina tenían textura firme, olor buenos y sabor agradable.

La tilapia cultivada en agua continental tenía sabor dulce y la tilapia cultivada en agua marina tenía sabor a pescado de mar y a algas.

**Tabla I. Prueba de aceptabilidad a nivel del consumidor, muestra simple.**

Producto:

Fecha de Producción:

Instrucciones para los items: textura y sabor.

1. Pruebe la muestra.
2. Marque con una "X" como le parece el producto.
3. Por favor, dé respuesta a las preguntas.

COLOR	MUESTRA	TEXTURA	MUESTRA
DEMASIADO DORADA		EXTREMADAMENTE DURA	
MUY DORADA		DURA	
DORADA		MODERADAMENTE DURA	
LIGERAMENTE DORADA		LIGERAMENTE DURA	
BLANQUECINA		LIGERAMENTE SUAVE	
		MODERADAMENTE SUAVE	
		MUY SUAVE	
		EXTREMADAMENTE SUAVE	
OLOR	MUESTRA	SABOR	MUESTRA
EXTREMADAMENTE PERCEPTIBLE		ME GUSTA SUMAMENTE	
FUERTEMENTE PERCEPTIBLE		ME GUSTA MUCHO	
MUY PERCEPTIBLE		ME GUSTA MODERADAMENTE	
PERCEPTIBLE-AGRADABLE		ME GUSTA UN POCO	
PERCEPTIBLE DESAGRADABLE		ME GUSTA MUY POCO	
MEDIANAMENTE PERCEPTIBLE		ME ES INDIFERENTE	
LIGERAMENTE PERCEPTIBLE		ME DISGUSTA UN POCO	
IMPERCEPTIBLE		ME DISGUSTA MODERADAMENTE	
		ME DISGUSTA MUCHO	
		ME DISGUSTA MUCHÍSIMO	
¿Adquiriría este producto?	Si		No

¿Con qué frecuencia?

Frecuentemente (# de veces de cada mes)


Rara vez (# de veces de cada mes)

Nunca

## ANEXO B

### ALIMENTACIÓN.

**Tabla II. Tabla de alimentación (Cultivo semiintensivo – intensivo)**

Edad (semanas)	Peso promedio (gramos)	Crecimiento diario (gramos/ día)	Alimento diario (% de peso)	Conversión Alimenticia
0	1		15	0,83
1	3	0,27	10	0,85
2	5	0,27	8	0,85
3	7	0,34	5,8	0,86
4	10	0,36	5,7	0,90
5	13	0,46	5,5	0,90
6	17	0,58	5,1	0,90
7	22	0,71	5,1	0,91
8	29	0,93	5,0	0,95
9	37	1,14	4,5	0,98
10	46	1,29	4,3	0,98
11	56	1,51	4,2	1,00
12	69	1,79	4,1	1,03
13	83	2,07	4,0	1,03
14	100	2,43	4,0	1,10
15	120	2,85	3,5	1,15
16	140	2,86	3,4	1,15
17	162	3,14	3,2	1,25
18	184	3,14	2,9	1,25
19	207	3,29	2,8	1,26
20	231	3,43	2,6	1,28
21	256	3,57	2,4	1,28
22	282	3,71	2,3	1,28
23	309	3,85	2,2	1,30
24	337	4,0	2,1	1,37
25	355	4,0	1,9	1,37
26	393	4,0	1,8	1,37
27	422	4,14	1,7	1,37
28	451	4,14	1,6	1,37
29	480	4,14	1,5	1,34
30	509	4,14	1,4	1,34
31	538	4,14	1,4	1,35
32	567	4,14	1,4	1,45
33	596	4,14	1,3	1,47
34	629	4,14	1,3	1,49
35	654	4,14	1,2	1,49
36	683	4,14	1,1	1,65

Fuente: <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/356.doc>

**Tabla III. Requerimientos de proteína para Tilapia.**

Rango de peso (gramos)	Nivel óptimo de proteína (%)
Larva a 0,5	40 - 45%
0,5 a 10	40 - 35%
10 a 30	30 - 35%
30 a 250	30 - 35%
250 a talla comercial	25 - 30%

Fuente: <http://www.fiagro.org.sv/archivos/0/356.doc>

## ANEXO C

### PARÁMETROS PARA EL CULTIVO DE TILAPIA.<sup>1</sup>

- Nitritos (NO<sub>2</sub>) : <0,1 mg/l
- Nitratos(NH<sub>3</sub>) : <10 mg/l
- Nitrógeno total (N<sub>2</sub>) : 0,5 – 1 mg/l
- Amoníaco (NH<sub>3</sub>) : <0,2 mg/l
- Amonio (NH<sub>4</sub>) : 0,6 – 2 mg/l
- Sulfuros (SH<sub>2</sub>) : <0,1 mg/l
- Turbidez : 30 – 35 cm.
- Alcalinidad y dureza : 50– 350 mg CaCO<sub>3</sub> g/l
- Cloruros : <10 mg/l
- Sulfatos : < 18 mg/l

**Tabla IV.** Cuadro de toxicidad del amonio

pH	Grado de toxicidad
7	Menos del 1% está al estado tóxico.
8	Entre el 5% y e l 9% está al estado tóxico.
9	entre el 30% y 50% está al estado tóxico.
10	Entre el 80% y el 90% está al estado tóxico.

Fuente: Castillo, 1994 (citado por Klinge et. al. 2000)

<sup>1</sup> Curso: "Producción comercial de tilapias" UNALM, Lima – Perú 2003.

## ANEXO D

### TABLAS CON RESULTADOS DEL PROGRAMA ESTADÍSTICO SPSS

#### T-Test

##### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Peso	,00	24	33,6055	22,68569	4,63070
	1,00	24	40,5694	29,25242	5,97113

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogPeso	,00	24	1,3797	,42744	,08725
	1,00	24	1,4334	,47321	,09659

##### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
LogPeso	Equal variances assumed	,324	,572	,412	,682	,05367	,13017
	Equal variances not assumed			,412	,682	,05367	,13017

##### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Longitudes	,00	24	11,7563	3,39093	,69217
	1,00	24	12,1729	3,77345	,77025

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogLongitudes	,00	24	1,0883	,13171	,02689
	1,00	24	1,0993	,14282	,02915

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
LogLongitudes	Equal variances assumed	,303	,584	,277	,783	,01097	,03966
	Equal variances not assumed			,277	,783	,01097	,03966

**Oneway**

**Descriptives**

PesoTukey

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
1,00	2	2,5364	,10321	,07298	2,46	2,61
2,00	2	6,5482	,39645	,28033	6,27	6,83
3,00	2	11,4806	,40763	,28824	11,19	11,77
4,00	2	17,8279	,53192	,37612	17,45	18,20
5,00	2	23,3976	1,60077	1,13191	22,27	24,53
6,00	2	30,5789	3,46354	2,44910	28,13	33,03
7,00	2	32,6594	4,74593	3,35588	29,30	36,02
8,00	2	39,3672	6,26799	4,43214	34,94	43,80
9,00	2	45,5385	6,25557	4,42336	41,12	49,96
10,00	2	54,5691	4,44978	3,14647	51,42	57,72
11,00	2	2,3638	,08730	,06173	2,30	2,43
22,00	2	6,1673	,11374	,08043	6,09	6,25
33,00	2	12,0028	,03852	,02724	11,98	12,03
44,00	2	18,2857	,28167	,19917	18,09	18,48
55,00	2	24,8693	,73739	,52142	24,35	25,39
66,00	2	35,2769	,38818	,27448	35,00	35,55
77,00	2	40,4275	1,53231	1,08351	39,34	41,51
88,00	2	48,5079	3,25126	2,29899	46,21	50,81
99,00	2	58,9306	6,44904	4,56016	54,37	63,49
100,00	2	68,4739	9,33685	6,60215	61,87	75,08
110,00	2	65,0082	7,83033	5,53688	59,47	70,55
111,00	2	80,2596	12,66514	8,95561	71,30	89,22
120,00	2	73,7538	10,63751	7,52185	66,23	81,28
222,00	2	91,2671	16,39932	11,59607	79,67	102,86
Total	48	37,0874	26,13381	3,77209	2,30	102,86

### Descriptives

LongitudesTukey

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
1,00	2	5,2650	,00707	,00500	5,26	5,27
2,00	2	7,1000	,05657	,04000	7,06	7,14
3,00	2	8,5800	,04243	,03000	8,55	8,61
4,00	2	10,1500	,14142	,10000	10,05	10,25
5,00	2	11,0650	,24749	,17500	10,89	11,24
6,00	2	12,0750	,51619	,36500	11,71	12,44
7,00	2	12,7050	,65761	,46500	12,24	13,17
8,00	2	13,3250	,82731	,58500	12,74	13,91
9,00	2	14,1000	,66468	,47000	13,63	14,57
10,00	2	14,8600	,69296	,49000	14,37	15,35
11,00	2	5,1800	,02828	,02000	5,16	5,20
22,00	2	6,9250	,10607	,07500	6,85	7,00
33,00	2	8,7000	,00000	,00000	8,70	8,70
44,00	2	10,1100	,00000	,00000	10,11	10,11
55,00	2	10,8500	,52326	,37000	10,48	11,22
66,00	2	12,4800	,09899	,07000	12,41	12,55
77,00	2	13,3350	,02121	,01500	13,32	13,35
88,00	2	14,1850	,03536	,02500	14,16	14,21
99,00	2	15,0150	,24749	,17500	14,84	15,19
100,00	2	15,8400	,35355	,25000	15,59	16,09
110,00	2	15,5900	,66468	,47000	15,12	16,06
111,00	2	16,4200	,50912	,36000	16,06	16,78
120,00	2	16,2600	,74953	,53000	15,73	16,79
222,00	2	17,0350	,58690	,41500	16,62	17,45
Total	48	11,9646	3,55516	,51314	5,16	17,45

### T-Test

#### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
FC	,00	24	1,6220	,10781	,02201
	1,00	24	1,6744	,09338	,01906

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogFC	,00	24	,2092	,02856	,00583
	1,00	24	,2232	,02405	,00491

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
LogFC	Equal variances assumed	,354	,555	1,836	,073	,01399	,00762
	Equal variances not assumed			1,836	,073	,01399	,00762

### Oneway

#### Descriptives

FCTukey

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
1,00	2	1,7356	,06710	,04745	1,69	1,78
2,00	2	1,8149	,06661	,04710	1,77	1,86
3,00	2	1,7746	,03741	,02645	1,75	1,80
4,00	2	1,6311	,00544	,00385	1,63	1,64
5,00	2	1,6340	,00651	,00460	1,63	1,64
6,00	2	1,6260	,00177	,00125	1,62	1,63
7,00	2	1,4626	,01216	,00860	1,45	1,47
8,00	2	1,5445	,02531	,01790	1,53	1,56
9,00	2	1,5105	,00283	,00200	1,51	1,51
10,00	2	1,5489	,08068	,05705	1,49	1,61
11,00	2	1,6939	,02708	,01915	1,67	1,71
22,00	2	1,8523	,05289	,03740	1,81	1,89
33,00	2	1,7986	,01061	,00750	1,79	1,81
44,00	2	1,7053	,00707	,00500	1,70	1,71
55,00	2	1,6804	,01358	,00960	1,67	1,69
66,00	2	1,6948	,02779	,01965	1,68	1,71
77,00	2	1,5569	,03479	,02460	1,53	1,58
88,00	2	1,5612	,05494	,03885	1,52	1,60
99,00	2	1,6040	,05148	,03640	1,57	1,64
100,00	2	1,5860	,05530	,03910	1,55	1,63
110,00	2	1,5928	,00898	,00635	1,59	1,60
111,00	2	1,6623	,05381	,03805	1,62	1,70
120,00	2	1,5890	,00304	,00215	1,59	1,59
222,00	2	1,6977	,07184	,05080	1,65	1,75
Total	48	1,6482	,10323	,01490	1,45	1,89

## T-Test

### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TC	,00	22	,4625	,18795	,04007
	1,00	22	,5773	,21698	,04626

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogTC	,00	22	,1617	,05539	,01181
	1,00	22	,1941	,05854	,01248

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
LogTC	Equal variances assumed	,527	,472	1,886	,066	,03240	,01718
	Equal variances not assumed			1,886	,066	,03240	,01718

### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
CA	,00	22	1,7740	1,36338	,29067
	1,00	22	1,4676	,45853	,09776

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogCA	,00	22	,4142	,14421	,03075
	1,00	22	,3848	,08329	,01776

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
LogCA	Equal variances assumed	1,366	,249	,828	,413	,02938	,03551
	Equal variances not assumed			,828	,414	,02938	,03551

### Oneway

#### Descriptives

TCTukey

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
1,00	2	,2866	,02095	,01481	,27	,30
2,00	2	,3523	,00080	,00056	,35	,35
3,00	2	,4534	,06711	,04745	,41	,50
4,00	2	,3978	,07635	,05399	,34	,45
5,00	2	,5130	,13306	,09408	,42	,61
6,00	2	,1486	,09160	,06477	,08	,21
7,00	2	,4791	,10872	,07688	,40	,56
8,00	2	,4408	,00089	,00063	,44	,44
9,00	2	,6450	,12899	,09121	,55	,74
10,00	2	,7456	,24147	,17074	,57	,92
11,00	2	,2717	,01436	,01015	,26	,28
22,00	2	,4168	,00537	,00380	,41	,42
33,00	2	,4488	,02287	,01617	,43	,46
44,00	2	,4703	,03255	,02302	,45	,49
55,00	2	,7434	,02494	,01764	,73	,76
66,00	2	,3679	,08172	,05779	,31	,43
77,00	2	,5772	,12278	,08682	,49	,66
88,00	2	,7445	,22841	,16151	,58	,91
99,00	2	,6817	,20627	,14586	,54	,83
100,00	2	,8418	,23773	,16810	,67	1,01
110,00	2	,6247	,20051	,14178	,48	,77
111,00	2	,7862	,26673	,18860	,60	,97
Total	44	,5199	,20885	,03149	,08	1,01

### Descriptives

CATukey

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	Minimum	Maximum
1,00	2	,6595	,03664	,02591	,63	,69
2,00	2	1,0428	,01147	,00811	1,03	1,05
3,00	2	1,2405	,22114	,15637	1,08	1,40
4,00	2	1,7689	,28750	,20329	1,57	1,97
5,00	2	1,7341	,55768	,39434	1,34	2,13
6,00	2	5,0802	3,34861	2,36782	2,71	7,45
7,00	2	1,4357	,38880	,27492	1,16	1,71
8,00	2	1,7135	,01912	,01352	1,70	1,73
9,00	2	1,4971	,27690	,19580	1,30	1,69
10,00	2	1,6272	,61426	,43435	1,19	2,06
11,00	2	,6734	,04776	,03377	,64	,71
22,00	2	,8871	,01127	,00797	,88	,90
33,00	2	1,2867	,06911	,04886	1,24	1,34
44,00	2	1,5138	,08151	,05764	1,46	1,57
55,00	2	1,3311	,08132	,05750	1,27	1,39
66,00	2	2,0048	,43410	,30696	1,70	2,31
77,00	2	1,4896	,27276	,19287	1,30	1,68
88,00	2	1,3651	,34079	,24097	1,12	1,61
99,00	2	1,9707	,41122	,29078	1,68	2,26
100,00	2	1,8542	,30708	,21714	1,64	2,07
110,00	2	1,7143	,58687	,41498	1,30	2,13
111,00	2	1,7675	,35486	,25092	1,52	2,02
Total	44	1,6208	1,01709	,15333	,63	7,45

### T-Test

#### Group Statistics

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Temp	.00	240	27.3852	1.07515	.06940
	1.00	240	27.4435	1.23933	.08000

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
LogTemp	.00	240	1.4372	.01699	.00110
	1.00	240	1.4380	.02021	.00130

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)
LogTemp	Equal variances assumed	1.247	.265	.468	.640
	Equal variances not assumed			.468	.640

**T-Test**

**Group Statistics**

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pH	.00	16	7.5981	.09813	.02453
	1.00	16	7.4944	.21040	.05260

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Log pH	.00	16	.8807	.00557	.00139
	1.00	16	.8746	.01216	.00304

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)
Log pH	Equal variances assumed	9.583	.004	1.824	.078
	Equal variances not assumed			1.824	.082

**T-Test**

**Group Statistics**

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
O <sub>2</sub>	.00	24	5.6133	2.03436	.41526
	1.00	24	5.2958	1.89814	.38746

	BASE	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Log O <sub>2</sub>	.00	24	.7228	.15452	.03154
	1.00	24	.6924	.17871	.03648

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)
Log O <sub>2</sub>	Equal variances assumed	.035	.853	.631	.531
	Equal variances not assumed			.631	.531

## Curve Fit

Dependent variable.. LOGPESOM      Method.. LINEAR

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R      .95829  
R Square        .91831  
Adjusted R Square .91460  
Standard Error   .13829

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B
LOGDIAS	.755698	.048053
(Constant)	.160775	.085705

Dependent variable.. LOGPESOC      Method.. LINEAR

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R      .96170  
R Square        .92486  
Adjusted R Square .92144  
Standard Error   .11980

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B
LOGDIAS	.685023	.041629
(Constant)	.226122	.074248

## Curve Fit

Dependent variable.. LogLongM      Method.. LINEAR

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R      .95312  
R Square        .90843  
Adjusted R Square .90427  
Standard Error   .04887

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B
LogDías	.250875	.016981
(Constant)	.638338	.030287

Dependent variable.. LogLongC      Method.. LINEAR

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R      .95799  
R Square        .91775  
Adjusted R Square .91401  
Standard Error   .04279

----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B
LogDías	.232969	.014870
(Constant)	.656869	.026521

## GLOSARIO

- **Abiótico** – conjunto de parámetros físicos y químicos, tales como temperatura, intensidad de luz, disponibilidades de agua, salinidad, etc., que interfiere directamente en la vida de los organismos.
- **Ácido** – Sustancia cuyas moléculas liberan protones o iones hidrógeno ( $H^+$ ) en solución acuosa (agua). Los ácidos, al unirse con las bases y forman sales neutras.
- **Aireación** – Inserción de oxígeno en el medio de cultivo.
- **Aireador** – Máquina utilizada para aireación de piscinas y estanques de piscicultura.
- **Alcalinidad** – Cantidad de ácido requerido para neutralizar las bases que están disueltas en el agua.
- **Alevino** – larva de pez tras el desove.
- **Algas** – Grupo de plantas que contienen clorofila, pero que no forman embriones durante el desarrollo, careciendo de tejidos vasculares.
- **Alimento Suplementario** – Aquel alimento que complementa al alimento natural disponible en el estanque. El alimento suplementario proporciona más nutrientes a los presentes en el estanque. Este tipo de alimento por sí sólo no provee de todos los requerimientos nutricionales de los peces.
- **Aminoácidos** – moléculas orgánicas que contienen nitrógeno en la forma de un grupo amina ( $NH_2$ ) y un grupo carboxilo ( $COOH$ ), unidos al mismo átomo de carbono. Son las unidades estructurales de las proteínas.

- Anión – Ión o grupo de iones con carga negativa.
- Agua salobre – mezcla de agua dulce y agua salada.
- Alevín – pez que pesa entre 1 y 25 gramos y que mide más de 2.5 centímetros de longitud.
- Alimento artificial – alimento procesado con fines comerciales para dar a los peces y animales.
- Alimento Completo – Aquel alimento que proporciona todos los nutrientes requeridos por los peces.
- Alimento Suplementario – Aquel alimento que complementa al alimento natural disponible en el estanque. El alimento suplementario proporciona más nutrientes a los presentes en el estanque. Este tipo de alimento por sí sólo no provee de todos los requerimientos nutricionales de los peces.
- Banco – un grupo de peces que nadan juntos.
- Base – compuesto que libera iones hidroxilo (OH<sup>-</sup>), cuando es disuelto en agua. Las bases, cuando se juntan con los ácidos, forman sales neutras.
- Bentos – el fondo del ambiente acuático, especialmente marino. Los organismos bentónicos (poliquetos, anfipodos, etc.) son aquellos que viven en ese ambiente. Flora y fauna del fondo de mares o lagos.
- Biomassa – volumen o masa total de todos los organismos vivientes de una zona particular (tanque de cultivo por ejemplo).
- Bloom algal – Proliferación exuberante de microalgas, durante un corto período de tiempo (días), provocada por la aplicación de fertilizantes

orgánicos o inorgánicos en un tanque de cultivo. Los blooms algales también pueden surgir a partir de los procesos de eutrofización.

- Blower (soplador) – artefacto eléctrico capaz de inyectar burbujas de aire dentro del agua, a través de un difusor (tubos de PVC), piedras de aereación, mangueras de plástico, etc.
- Camada reproductiva – La camada de reproducción, integrada por machos y hembras, utilizada para producir la “semilla” de los organismos criados (alevinos de peces, post-larva de camarones, etc.) en las instalaciones de producción piscícola.
- Cosecha parcial – cosecha periódica de una parte de los peces de un estanque/ tanque durante el ciclo de cultivo.
- Crecimiento – Cambio en el tiempo de la masa corporal (aproximadamente peso corporal) de un pez; una dimensión lineal del tamaño (por ejemplo, la longitud total), puede ser utilizada como expresión del crecimiento en lugar del peso, siempre y cuando dicha dimensión pueda ser convenientemente relacionada con el peso.
- Cultivo mixto – cultivo de machos y hembras en el mismo lugar.
- Cultivo monosexo – cultivo de sólo machos para el mercado.
- Cultivos integrados - sistemas acuícolas integrados con la producción de animales y/o cultivos. Por ejemplo, utilizar estiércoles animales para fertilizar el estanque y así aumentar la producción de peces, utilizar el agua del estanque para regar un huerto.
- Desove – el acto de depositar huevos y producir crías.

- **Diferencia significativa** – término estadístico que denota la existencia de una diferencia, matemáticamente mensurable, en nivel de 5 ó 1% de probabilidad, entre dos o más valores.
- **Difusión** – Movimiento de moléculas de una región de alta concentración para otra de menor concentración, producida por su energía cinética. El proceso tiende a distribuir las partículas uniformemente por todo el medio.
- **DNA** – Dirección nacional de acuicultura.
- **Disco de Secchi** – artefacto confeccionado por un disco de plástico o madera y una cuerda graduada en centímetros. El disco está dividido en cuatro cuadrantes, dos de color negro, y dos de color blanco, a fin de facilitar su observación debajo del agua. El disco de Secchi es utilizado para medir la turbidez existente en un tanque de cultivo.
- **Dureza del agua** – concentración total de calcio mas magnesio, expresada como carbonato de calcio.
- **Epilímnion** – parte superior de u cuerpo de agua, resultante de un proceso de estratificación térmica. Generalmente el epilímnion posee mayor temperatura y mayor concentración de oxígeno disuelto.
- **Estanque/ tanque de engorde** - estanque u otra estructura utilizada para el crecimiento de organismos acuáticos hasta el tamaño de mercado.
- **Estrés** – condición de incomodidad experimentada por los organismos de cultivo. El estrés puede ser causado por bruscas oscilaciones de los niveles de temperatura, oxígeno, turbidez del agua, etc; por enfermedades; por el manoseo de los especímenes y por la alimentación deficiente.

- **Eutrofización** – Situación que se presenta cuando es introducido un exceso de nutrientes en un hábitat acuático, hecho que provoca crecimiento exagerado de cierto tipo de algas. Cuando los nutrientes se agotan, las algas mueren y los descompositores bacterianos, que se alimentan de las aguas muertas (materia orgánica), consumen el oxígeno, llegando a agotarlo completamente.
- **Fertilizante** - sustancia que se agrega al agua para aumentar la producción de organismos que alimentan a los peces.
- **Fitoplancton** – organismos vegetales microscópicos que fluctúan en el agua (diatomáceas. Clorofíceas, etc.)
- **Hemocianina** – Pigmento proteico en la sangre de los artrópodos, que contienen cobre y transporta oxígeno.
- **Hemolinfa** – fluido sanguíneo de los artrópodos (camarones).
- **Hidrosfera** – parte de la tierra que comprende todos los ambientes formados por agua (océanos, lagos, lagunas, ríos, etc).
- **Hipercapnia** – condición fisiológica especial, caracterizada por altos niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la sangre.
- **Hipertónico** – líquido que tiene una concentración mayor de moléculas de soluto sal, azúcar, etc.) que de solvente (agua) y, por tanto, una presión osmótica mayor.
- **Hipolímnion** – Parte inferior de un cuerpo de agua, frente a una condición de estratificación térmica. El hipolímnion generalmente posee condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) y bajas temperaturas.

- Hipoxia – estado que un organismo presenta, cuando es sometido a un ambiente con poco oxígeno.
- Hormona masculinizante (andrógenos) – sustancia con la que se alimenta a las larvas de tilapia para desarrollar gónadas masculinas (testículos) en tejidos indiferenciados.
- Larva – pez recién eclosionado que pesa menos de 1 gramo o mide menos de 2.5 cm. de largo total.
- Litoral – región de un medio de agua dulce, situada entre el borde de agua y una profundidad de aproximadamente seis metros; o región de un medio marino situado entre los límites de las mareas altas y bajas. Una especie litoral es aquella que vive principalmente en la zona litoral.
- Macrófica – planta superior.
- Materia orgánica – en acuicultura, cualquier material procedente de organismos vivos, que posea el elemento carbono en su condición (hojas, tejidos de animales, ración no consumida, plantas muertas, etc.)
- Metabolismo – suma de todos los procesos físicos y químicos por virtud de los cuales se produce y conserva la sustancia viva organizada.
- Metabolito – cualquier sustancia inorgánica u orgánica que participa en el metabolismo (aminoácidos, ácidos grasos, agua, etc.).
- Osmorregulación – proceso mediante el cual un organismo mantiene el potencial osmótico en sus fluidos corporales en un nivel constante.
- Ósmosis – proceso mediante el cual el agua pasa a través de una membrana semipermeable, de una solución con bajo gradiente de

concentración de sales para otra con alto gradiente de concentración, diluyéndola.

- Oviducto – tubo que sirve para el paso de los huevos del ovario.
- Paddlewheel (canaletas rotativas) – aereador de superficie, bastante utilizado en tanques de cultivo de gran extensión y poca profundidad este tipo de artefacto agita la superficie del agua para incrementar la interfase aire – agua y, por tanto, el intercambio gaseoso.
- Papila – pequeño apéndice carnoso que se proyecta del interior del pez, a través del cual la hembra pasa huevos y orina y el macho pasa esperma y orina.
- Pelágico – región superior de un medio acuático, especialmente marino, contrario al fondo del océano.
- Peces depredadores – especies de peces que se alimentan de otros peces.
- Piscicultura – La producción controlada de organismos acuáticos, como por ejemplo peces o camarones. en instalaciones construidas, en cautividad.
- Piscicultura orgánica – Procedimientos de producción piscícola que maximizan los procesos naturales, evitando insumos artificiales.
- Plancton – organismos acuáticos (plantas y animales) usualmente microscópicos que sirven de alimento para organismos acuáticos mayores y peces.

- Poiquilotermo – quien tiene una temperatura variable como la del ambiente. Los organismos poiquilotermos son conocidos como animales de “sangre fría”
- Policultivo – cultivo simultáneo de dos o más especies acuáticas con diferentes hábitos alimenticios.
- Poro urogenital – abertura para la salida de orina y esperma.
- Proteína Cruda – La cantidad de proteína en un ingrediente basada en la cantidad de nitrógeno orgánico presente en el alimento.
- Reproductor – Pez sexualmente maduro seleccionados para reproducción.
- Sexado manual – examen visual del pez para determinar su sexo.
- Sexar – Separar manualmente peces de ambos sexos en grupos de sólo machos y sólo hembras.
- Súper saturación – fenómeno en el cual es registrado un exceso de oxígeno nitrógeno disuelto en el agua. La súper saturación de lo gases provoca el cuadro patológico conocido como (enfermedad de las burbujas”.
- Tanques de Precría – tanques u otras infraestructuras que se usan para engordar animales acuáticos hasta un tamaño ideal para sembrarlos en otro tanque de engorde.
- Tasa de Conversión Alimenticia – El peso seco de alimento requerido para producir una unidad de peso húmedo de peces.
- Termoclina – frontera que divide dos camadas de agua de diferente temperatura (epilímnion e hipolímnion).

- **Zooplankton – organismos animales, generalmente microscópicos, que se mantienen fluctuando o nadando en la columna de agua (micro crustáceos y larvas de peces y camarones).**