



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA MARÍTIMA Y CIENCIAS DEL MAR**

**“ESTUDIO COMPARTIVO DEL ENGORDE DEL HÍBRIDO ROJO DE  
TILAPIA (*Oreochromis* sp.), UTILIZANDO DIETAS DE Azolla Y SOYA”**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO ACUICULTOR**

**PRESENTADO POR:**

**OSWALDO JAVIER ORDÓÑEZ PISCO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2005**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios Yahveh, por darme la vida y fortaleza, haciendo mis días interesantes, las tardes frescas y las noches tranquilas. Dios Padre, hoy hiciste que uno de mis sueños se haga realidad.**

**A Jesús y María, cómplices en mis momentos de tristeza y alegría.**

**A mi padre, Ing. Oswaldo Ordóñez, por su cariño y apoyo incondicional en cada instante de mi vida.**

**A mi madre Marcia, por ser una mujer llena de infinita paciencia y amor.**

**A mis hermanos Patricia y Omar, comparto este triunfo con ustedes y me siento muy feliz de tenerlos a mi lado.**

**A mi tía Olivia, siempre eres parte de mi vida y de mis éxitos.**

**Al Ing. Miguel Fierro, Vicerrector de Asuntos Estudiantiles, quien asignó el financiamiento económico para el desarrollo de la tesis, a través del Convenio Coca Cola-ESPOL.**

**Al Ing. Eduardo Cervantes B., por facilitarme las instalaciones del Laboratorio Húmedo de la Facultad de Ingeniería y Ciencias del Mar, para el desarrollo de la presente tesis.**

**A mi director de tesis, Ing. Ecuador Marcillo G., por su guía objetiva en el desarrollo de la tesis y ser un verdadero profesor y amigo.**

**Al Dr. Marcelo Muñoz, por su aporte de ideas valiosas en el presente trabajo y su sincera amistad y detalles que aún perduran desde el colegio.**

**Al M. Sc. César Molina, por su ayuda cordial y gentil, en la formulación de las primeras dietas experimentales para el presente bioensayo.**

**Al Biol. Marco Álvarez Gálvez, por su acertada intervención y sugerencias en el transcurso de la tesis.**

**Al M. Sc. Jerry Landívar, por la orientación en el análisis estadístico de los resultados del experimento.**

**Al Ing. Renato Recalde, las aulas de la FIMCM nos permitió conocernos y ahora la vida, el privilegio de ser amigos.**

**Al Ing. Danny Arcos, quien me ayudó en el manejo del programa estadístico Data Desk 6.0.**

**A Marcos Castillo, por su noble espíritu de cooperación para la adquisición de los juveniles requeridos en la realización de la tesis.**

**A Nestor Ponce V., el inicio de todo lo empezamos juntos, mi agradecimiento fraterno hacia ti.**

**A Alvaro Noboa y José Vásconez, por su aporte logístico brindado, sin el cual no se hubiera efectuado el traslado y transferencia de los juveniles.**

**Al Ing. Pablo Cevallos, Gerente de Cultinsa, por su donación de los juveniles, utilizados para fines experimentales.**

**Al Instituto de Ciencias Químicas por medio del Proyecto Azolla-Anabaena (PROMSA/ESPOL) y en su representación al Ing. Mariano Montaña, por facilitarme el acceso a la información y asesoramiento en temas referentes a la Azolla.**

**A todos los docentes y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, por el apoyo brindado en el transcurso de mi carrera universitaria.**

**Al grupo de estudiantes de la Cátedra de Producción Acuícola II del año 2004-2005, por su invaluable ayuda en las actividades realizadas durante todo el ciclo experimental de producción.**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres: Oswaldo y Marcia**

**A mis hermanos: Patricia y Omar**

**A mi tía: Olivia**

## **MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO**

---

**Dr. Fernando Arcos**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**M. Sc. Ecuador Marcillo**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Blgo. Marco Alvarez G.**  
**MIEMBRO PRINCIPAL**

---

**M. Sc. Jerry Landívar**  
**MIEMBRO PRINCIPAL**

## **DECLARATORIA EXPRESA**

**“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”**

---

**Oswaldo Javier Ordóñez Pisco**

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, Ecuador experimenta mejoras en cultivo del camarón con respecto a los 3 años anteriores, en donde la “mancha blanca” (White Spot) prácticamente ocasionó que la industria camaronera disminuyera considerablemente su producción. Se ha superado la etapa crítica de bajas producciones, pero la caída de precios del crustáceo (US\$ 1,20 la libra) y las aplicaciones del nuevo arancel impuesto al camarón ecuatoriano, mantiene en compás de espera al sector camaronero; con las proyecciones futuras existe la posibilidad de mejorar y ser nuevamente una fuente importante de ingresos para el productor y para el Estado.

Debido a esto, el cultivo del híbrido rojo, ha ido adquiriendo cada vez mayor importancia y puede ser considerado como una alternativa interesante de producción de proteína animal de origen acuático. Además es uno de los cultivos que más se está desarrollando en el mundo en los últimos años (Bardach *et al.*, 1986).

Se han establecido, de acuerdo a las experiencias de manejo en campo, protocolos de producción, con la finalidad de aumentar la biomasa de tilapia en los cultivos, que ha aumentado gradualmente en estos últimos años. Según la CNA (Cámara Nacional de Acuicultura), en Septiembre del 2003, las exportaciones de tilapia fueron de 21'443.302,04 libras generando US\$ 57'091.858. Para el año 2004 se exportaron 16'047.133,49 con un ingreso de US\$ 45'274.019 (Anexo 5).

La tilapia roja es un pez de rápido crecimiento, con una elevada resistencia a diversas enfermedades, alta rentabilidad en sistemas de producción, tolera altas densidades de siembra, puede soportar bajas concentraciones de oxígeno disuelto y puede adaptarse en medios con variadas salinidades (Bardach *et al.*, 1986).

Con respecto a la nutrición, las tilapias son peces que aprovechan el alimento natural que existe en un cuerpo de agua. Los hábitos alimenticios del género *Oreochromis* establecen que son fitófagos-omnívoros, siendo más eficientes en la utilización de los carbohidratos que los carnívoros (Olvera, 1997).

En cultivos comerciales, para optimizar el tiempo y favorecer el crecimiento, la mayor parte de la alimentación, se la realiza con alimentos balanceados elaborados industrialmente, que mantienen todos los requerimientos nutricionales para la especie a cultivar; pero el elevado precio de las materias primas utilizadas, hace que no esté al alcance de pequeños y medianos productores de tilapia, donde el rubro por alimentación es aproximadamente del 40 a 60%. El porcentaje es alto, si se considera que no está incluido el costo de alevines, combustible y otros insumos de la producción, que junto al alimento balanceado constituyen los mayores costos en la producción dulceacuícola.

Los hábitos alimenticios, adaptaciones morfológicas y fisiológicas de la tilapia incluyen: la presencia de dientes faríngeos y mandibulares especializados para la masticación de diferentes tipos de alimento, la relación entre la longitud del intestino en relación al tamaño del pez (Kubarik, 1997), el pH de naturaleza ácida del estómago de la tilapia que se encuentra entre 2-3 y que puede bajar a 1,1 donde ocurre mejor la lisis o

rompimiento de la capa exterior de las algas verde azules, estableciendo una digestión más completa de estas algas, así como también un mejor desdoblamiento de las partículas alimenticias, secreción de sustancias mucosas, que permite que las algas se adhieran y formen un apelsonamiento de las mismas para su posterior ingestión, presencia de bacterias aerobias facultativas, en donde predominan las *Aeromonas* y *Vibrios* en el tracto gastrointestinal contribuyendo a una mejor digestión de la celulosa, branquiespinas que son estructuras unidas a las márgenes internas de los arcos branquiales, que fungen como filtros reteniendo los microorganismos que los canaliza hacia el esófago. Todas estas condiciones innatas de la tilapia favorecen el uso de alimentos de origen vegetal, permitiendo también la elaboración de dietas sencillas que pueden ser preparadas artesanalmente durante el ciclo de producción de estos peces.

La utilización de dietas elaboradas completamente de materias primas de origen vegetal como: la Azolla, harina de soya, harina de trigo, cáscaras de cítricos, harina de palmiste, puede ser una alternativa económicamente rentable, que pueden sustituir a los tradicionales alimentos balanceados que en su composición contienen harina de pescado u otras materias primas de origen animal, que aumentan los costos de las dietas comerciales

En la elaboración de las dietas para peces, se consideran aspectos importantes como: los requerimientos nutricionales de la especie cultivada, el tamaño del pellet o partícula, hábitos alimenticios, disponibilidad de las materias primas para la manufactura, precio

de venta, que permitan al piscicultor adquirir su stock de alimento para su granja de producción (Castillo, 2001).

En el presente estudio se eligió la *Azolla* sp, un helecho acuático, que de acuerdo a los análisis del aminograma, contiene casi todos los aminoácidos con excepción de la cistina, que son vitales para la alimentación de la tilapia.

Por encontrarse en forma silvestre en canales, lagunas y pequeños estanques en zonas rurales, su recolección es sencilla. La *Azolla* también se la puede cultivar en pequeñas piscinas no profundas, manteniendo volúmenes constantes, de acuerdo a la necesidad y aplicaciones que se le desee dar en la producción (Agostino, *et al.*, 2003)

Para suplir la falta de cistina en la azolla, se seleccionó a la harina de soya como un segundo ingrediente para la elaboración de las dietas.

La harina de soya posee un gran valor nutricional, es altamente digerible y actualmente se utiliza para la preparación de dietas para especies bioacuáticas; en especial peces y crustáceos.

Las dos dietas elaboradas con *Azolla* y soya pretenden reemplazar por completo el uso del alimento comercial durante el ciclo de producción, y el efecto al suministrarlas se lo determina directamente en el crecimiento de los peces (incremento de peso-longitud). La facilidad en la elaboración de una dieta que contenga dos materias primas hace que

el productor pueda fabricar su propio alimento, de acuerdo a las necesidades de su granja o finca.

Para el siguiente estudio se planteó el siguiente objetivo general:

- Determinar el efecto de la *Azolla* sp. en combinación con la harina de soya, sobre el híbrido rojo de tilapia en la etapa de engorde

Objetivos específicos:

- Evaluar los incrementos en longitud y peso del híbrido rojo de tilapia al ser alimentados con Azolla y soya en diferentes proporciones.
- Comparar el crecimiento de los híbridos rojos de tilapia alimentados con dietas de Azolla y soya frente al alimento comercial extrusado.

## 1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA AZOLLA

La Azolla es un helecho acuático flotante que pertenece a la familia de las Salvináceas, aunque existe una familia independiente denominada Azollaceae (Carrapico *et al.*, 2001). Como característica importante para la diferenciación macroscópica de la Azolla respecto a otras plantas acuáticas, es que presenta las hojas alternadas que poseen bordes sobrepuestos y raíces que cuelgan dentro del agua. Este rasgo fenotípico permitió la identificación correcta del helecho (Figura 1).

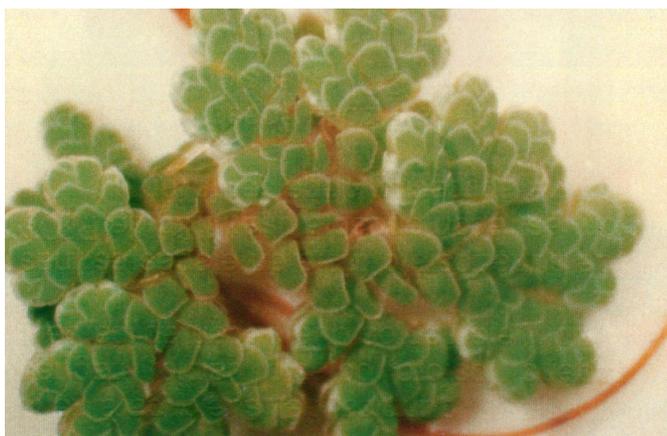


Figura 1. *Azolla caroliniana*. Vista frontal. (tomado de Carrapico *et al.*, 2001).

El origen del nombre “Azolla”, proviene de dos voces griegas: Azo (secar) y Olla (matar), lo que sugiere que el helecho muere cuando se seca, debido a que su ciclo de vida lo realiza completamente en el agua.

La Azolla presenta una relación simbiótica hereditaria con la *Anabaena azollae*, que es una bacteria cianofita fijadora de nitrógeno o denominada también diasotrófica (Watanabe, 1982).

La relación simbiótica del helecho con la cianofita se mantiene durante todo su desarrollo (Van Hove, 1989).

Debido a esto, la *Azolla* es responsable del aumento sustancial del nitrógeno del medio ambiente, debido a que durante su vida fija nitrógeno y cuando muere, este nitrógeno fijado puede ser utilizado por plantas a su alrededor (Peters *et al.*, 1985).

Las azollas poseen un diámetro que varía de 1 a 2,5 cm en especies pequeñas. Las hojas de la *Azolla* son de forma triangular o poligonal, flotan horizontalmente en la superficie del agua, dando la apariencia de una alfombra, por lo general de color verde oscuro y rojizo, dependiendo, si está expuesta directamente a los rayos solares.

Cada hoja consta de un lóbulo grueso dorsal aéreo y un lóbulo delgado ventral flotante de similar tamaño. Los estomas, estructuras que permiten el intercambio gaseoso con el medio circundante, se encuentran en hileras verticales sobre las superficies del lóbulo dorsal y la parte superior del lóbulo ventral. La raíz se encuentra cubierta por una envoltura que se desprende durante el crecimiento de los pelos basales de la raíz.

Por su alta capacidad fijadora de nitrógeno, la asociación simbiótica entre la *Azolla* sp. y la *Anabaena azollae*, ha adquirido en los últimos años importancia en la agricultura, en especial en cultivos de ciclo corto como es el caso del arroz.

## 1.1. TAXONOMIA

La azolla y la cianobacteria anabaena colectadas para la elaboración de las dietas del experimento, se las puede clasificar en las siguientes categorías.

### **Azolla**

División:	Pteridophyta
Clase:	Filicopsida
Orden:	Salviniales
Familia:	Azollaceae
Género:	<i>Azolla</i>
Especie:	<i>caroliniana</i>
Nombre científico:	<i>Azolla caroliniana</i> (Figura 2)

### **Anabaena**

División:	Cyanophytas
Clase:	Cyanophyceae
Subclase:	Hormogonophycideae
Orden:	Nostocales
Familia:	Nostocaceae
Género:	<i>Anabaena</i>
Especie:	<i>azollae</i>
Nombre científico:	<i>Anabaena azollae</i> (Figura 3)



Figura 2



Figura 3

Figura 2. *Azolla caroliniana* (tomado de Carrapico et al., 2001).

Figura 3. *Anabaena azollae* (tomado de Carrapico et al., 2001).

## 1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA *Azolla* sp. EN ECUADOR

La Azolla se distribuye ampliamente en América tropical y el Ecuador. En nuestro país se encuentra Azolla en la sierra a 3 600 metros sobre el nivel del mar y en la costa en áreas cercanas al mar y zonas rurales (Tabla 1).

Debido a su ciclo de vida, siempre se encuentra relacionada directamente a medios acuáticos, encontrándola en estanques, canales, esteros, lagunas, lagos, humedales y zonas de poco movimiento de agua (Becerra, 1990).

El crecimiento óptimo de las azollas ocurre entre 26 y 37°C, pero a temperaturas iguales o mayores de 40°C ocurre la muerte de los individuos. Suelos arcillosos que contienen concentraciones de fósforo y potasio, permiten el crecimiento de la Azolla.

Suelos con un pH entre 6 y 7 son adecuados para un desarrollo del helecho mientras exista humedad en el ambiente

Por ser un organismo fijador de nitrógeno, sobrevive con ventaja, propagándose con facilidad en suelos pobres o que carecen de este elemento (Watanabe, 2000).

Tabla 1. Distribución geográfica de Azolla en el Ecuador

Especie	Distribución geográfica
<i>Azolla caroliniana</i>	En la provincia del Guayas
<i>Azolla filiculoides</i>	En las provincias del Cotopaxi, Imbabura y en el Napo
<i>Azolla mexicana</i>	En la provincia del Cotopaxi
<i>Azolla microphylla</i>	En Galápagos y en la provincia del Guayas

(tomado de Montaña, 2003)

### 1.3 CONTENIDO NUTRICIONAL DE LA AZOLLA

Las plantas acuáticas pueden ser utilizadas como alimento para animales de granja y peces, debido a que constituyen fuentes proteicas de alto valor nutricional de 18 al 32% como proteína bruta (Tacon, 1989).

Las propiedades nutritivas y fertilizantes que posee la Azolla se debe a la presencia de los componentes nitrogenados que posee, fijados del medio donde se desarrolla, a través de la *Anabaena azollae*, con lo cual el helecho puede crecer sin este componente, debido a que el N<sub>2</sub> es suministrado por la simbiosis (Peters y Meeks, 1989).

Debido a la capacidad que posee el helecho para fijar nitrógeno, puede cultivarse en los arrozales para aumentar la disponibilidad de nutrientes, reducir las algas y facilitar la integración con la cría de peces. Los agricultores utilizan diversas variedades de plantas como alimento, medicinas y como alimento para los peces y el ganado (López, 1997).

La Azolla que crece en la superficie de los estanques, puede colectarse y suministrarse fresca a los animales, como un suplemento proteico, considerándola como un subproducto en el cultivo de peces (Tabla 2). También forma parte de la alimentación para patos, quienes a su vez contribuyen en abonar el estanque y a producir peces (Tacon 1989).

La capacidad de asimilación de los nutrientes provenientes de las plantas acuáticas como: la Azolla, lemna o lenteja y jacinto de agua, está directamente relacionada con la velocidad de crecimiento, población establecida y composición del tejido de las plantas. La capacidad de asimilación de nutrientes determina la importancia de la planta como agente descontaminante de las aguas y como productor de biomasa para la alimentación animal (Van Hove, 1989).

La utilización de la *Azolla filliculoides*, procesada como harina tiene un porcentaje de proteína cruda del 19,2%, evaluándose su valor alimenticio como fuente proteica de la dieta suministrada en híbridos rojos de tilapia (Cruz, 1995).

Del análisis bromatológico realizado por el método de Kjeldahl en el Protal-Espol (2003), de *Azolla caroliniana* húmeda, se obtuvo un contenido proteico del 9% y que fue considerado para la formulación de las dietas a base de Azolla. (Tabla 21).

Carraro (1982), reporta una composición de *Azolla sp.* en base seca de: 23.4% proteína cruda, 22.1% celulosa, 11.3% hemicelulosa, 23% lignina y 14.5% cenizas.

Tabla 2. Composición proximal promedio de la macrofita *Azolla sp.* usada en prácticas de alimentación para acuicultura (Los valores están expresados como % del peso seco sobre la base del alimento: agua, proteína cruda: CP, lípidos o extracto etéreo: EE, fibra cruda: CF, extractos libre de nitrógeno: NFE, ceniza, calcio: Ca, fósforo: P).

<b>Macrofita</b>	<b>Promedio de composición (% en peso)</b>							
	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>CP</b>	<b>EE</b>	<b>CF</b>	<b>NFE</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Ca</b>	<b>P</b>
<i>Azolla sp.</i>								
Helecho fresco	93,5	1,7	0,3	0,6	3,2	0,9	0,07	0,03
Helecho en base seca	0	25,3	3,8	9,3	49,1	1 2,5	1,16	0,59

(tomado de Tacon, 1989)

El aminograma efectuado en la harina de Azolla, por el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Estación Experimental Santa Catalina Quito-Ecuador en el 2004, reveló un porcentaje de proteína total de origen orgánico del 19%. (Tabla 20).

El contenido nutricional de la Azolla (peso seco) de acuerdo a los análisis realizados en Espol-ICQ, es el siguiente (Tabla 3):

Tabla 3. Nutrientes de la Azolla (% en peso seco)

Contenido nutricional	%
Nitrógeno	4 - 5
Fósforo	0,5
Potasio	1 - 2
Calcio	0,5
Magnesio	0,5
Hierro	0,1

(tomado de Montaña, 2003)

## **2. CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE LA SOYA**

### **2.1. ASPECTOS GENERALES DE LA SOYA**

La soya es una planta originaria de la China, donde se la utiliza como alimento hace más de 4000 años, en aquella época se la denominaba: *sou*. En la actualidad se la conoce como Ta Tou o gran fréjol. El fréjol de soya, pasó desde China al Japón y luego a Korea y a inicios del siglo XX, los japoneses empezaron a exportar el grano a occidente.

La soya o soja (*Glycine max*) es una leguminosa, que debido a su alto contenido de aceite, al igual que el algodón, girasol, maní y aceituna, se la considera también como una oleaginosa. El fréjol, semilla o grano de soya se la emplea para la extracción de aceite, que constituye el 21% del peso de cada grano y el residuo o pasta, por su alto contenido de proteína, se la emplea para la alimentación animal (Badui, 1994).

Del grano de soya, también se extrae la lecitina de soya, aceite con una cantidad importante de colina e inositol, que en el hombre, tienen función sobre el sistema nervioso y piel, la lecitina también sirve para emulsionar eficazmente las grasas.

Debido a sus propiedades nutritivas, en especial por su proteína, el fréjol de soya está en constante investigación tecnológica para su aprovechamiento integral, entre las cuales destacan, la producción de proteína de origen vegetal provenientes de la soya, que representa una alternativa importante respecto a las origen animal, debido a que

estas materias primas están adquiriendo cada vez mayor importancia en la fabricación de alimentos balanceados para peces y su competitividad frente a las harinas de pescado, por ejemplo, radica fundamentalmente en, su mayor producción, debido a que no está limitada por la productividad natural del medio, además la mayoría de ellas son subproductos agroindustriales. Los precios de la harina de soya pueden llegar a ser competitivos, por lo tanto se la está incorporando como ingrediente principal de las dietas comerciales para peces (Suquilanda, 1996).

El cultivo de la soya depende de muchos factores tales como: tipo de suelo, irrigación, fertilización y temperatura ambiental. Debido a esto, se conocen algunas variedades, cuyo contenido de proteína es mayor.

La soya está formada estructuralmente por tres partes principales: la cáscara, que representa el 8% del peso total del grano, hipocotilo, 2% y cotiledón, 90% (Tabla 4). En este último se encuentra el aceite en pequeños compartimientos llamados esferosomas, de 0,2 a 0,3  $\mu$  y que a su vez están dispersos entre los cuerpos proteínicos llamados aleuronas de 2 a 20  $\mu$  integrados aproximadamente por 98% de proteína.

Tabla 4. Composición de la soya y de sus partes (%)

	<b>Proteína</b>	<b>Grasa</b>	<b>Carbohidratos</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Constituyente de la semilla</b>
Soya total	40	21	34	4,9	-
Cotiledón	43	23	29	5,0	90
Cáscara	9	1	86	4,4	8
Hipocotilo	41	11	43	4,3	2

(tomado de Química de los Alimentos, Badui, 1994)

La porción lipídica está compuesta por triacilglicéridos que contienen 14% de ácidos grasos saturados, 22% de ácido oleico, 55% de ácido linoleico y 8% de ácido linolénico.

También en el grano de soya se encuentra fosfolípidos, esteroides y tocoferoles.

Con respecto a los hidratos de carbono, cada grano está compuesto por: polisacáridos insolubles en agua y en etanol, como galactomanasa y celulosa, oligosacáridos hidrosolubles como sacarosa (4,5%) y rafinosa (1,1%) y monosacáridos en menor cantidad, principalmente glucosa y arabinosa (Badui, 1994).

Los ácidos nucleicos se encuentran en muy baja concentración y cuando la determinación de proteína se hace con el método de Kjeldahl se incluyen como nitrógeno total.

## 2.2. PROTEÍNAS DE LA SOYA

Las proteínas de la soya y otras oleaginosas son principalmente una mezcla no homogénea de globulinas (60-75% del total) y de albúminas. Su aminograma difiere de los cereales en las cantidades de metionina, ácido glutámico, arginina, leucina, isoleucina y valina que son menores pero contiene mayor contenido de lisina.

La proteína de soya tiene deficiencia de aminoácidos azufrados, debido a que la concentración de metionina y cistina se reduce durante el proceso de los productos elaborados a base del grano de soya, el porcentaje de lisina es alto lo que hace que la soya sea ideal para complementar las proteínas de los cereales y otros alimentos (Badui, 1994).

## 2.3. NUTRIENTES CONTENIDOS EN EL FREJOL DE SOYA

### 2.3.1. Aminoácidos

El fréjol de soja proporciona los 8 aminoácidos esenciales que el cuerpo humano no puede sintetizar, por lo que debemos obtenerlos directamente de los alimentos; estos son: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina. También posee los otros 12 aminoácidos no esenciales y los aminoácidos esenciales que requiere la tilapia en su dieta.

### 2.3.2. Vitaminas

La soya (Tabla 5), posee vitaminas, en especial las del complejo B: vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (niacina) y ácido fólico. También contiene colina e inositol, necesarias para la emulsión de las grasas, formación de la membrana celular y para el control de un buen nivel del colesterol en la sangre. Contiene también vitaminas liposolubles como las vitaminas A, E y K (Tacon, 1989).

Tabla 5. Vitaminas contenidas en el fréjol de soya

<b>Perfil de Vitaminas en 100 g.</b>	
Vitamina A	1.500 UI
Vitamina D	400 UI
Vitamina E	2 UI
Vitamina B1	0,5 mg
Vitamina B2	0,8 mg
Vitamina B12	0,9 mg
Vitamina C	20,0 mg
Ácido fólico	100 mcg

(tomado de Tacon, 1989)

### **2.3.3. Minerales**

En el fréjol de soya se puede encontrar los siguientes minerales (Tabla 6): calcio, fósforo, hierro y magnesio.

Tabla 6. Minerales contenidos en la soya

<b>Perfil de Minerales en 100 g.</b>	
Calcio	400,0 mg
Fósforo	200,0 mg
Hierro	5,0 mg
Yodo	0,1 mg

(tomado de Tacon, 1989)

#### **2.3.4. Otros nutrientes**

La soya posee isoflavonas o fitoestrógenos, que están en investigación debido a sus propiedades anti-cancerígenas, funciones anti-oxidantes y un rol en la mejoría de la mineralización ósea. También contiene saponinas.

#### **2.4. FORMAS COMERCIALES DE LA SOYA**

De esta oleaginosa se elaboran diversos productos comerciales que se clasifican de acuerdo al contenido de proteínas. Las que contienen menos contenido, son las harinas, sean éstas desgrasadas o enteras, luego los concentrados y al final, los aislados.

Para elaborar cualquiera de ellos, es necesario romper la estructura interna de las células del cotiledón y separar adecuadamente los constituyentes, cada uno de estos derivados tiene características y propiedades funcionales que se aprovechan en la producción de alimentos complejos y elaborados.

Para el estudio, se utilizó harina de soya de 40% de proteína, adquirida en una fábrica local de alimentos balanceados.

#### **2.4.1. Harinas**

Las harinas son las formas menos refinadas de la soya, las cuales se pueden fabricar con o sin su grasa, en forma de hojuelas, gránulos o polvo; contienen de 40 a 50% de proteína. Durante el proceso de manufactura se le aplica calentamiento para inactivar la lipoxigenasa, inhibidores de tripsina y otros factores antifisiológicos.

Luego del calentamiento con vapor húmedo, que es más efectivo que el calor seco, el producto resultante tiene un mejor valor nutritivo.

Un proceso comercial para elaborar harinas sin desgrasar, consiste en hacer pasar la soya a una velocidad constante a través de un cocedor a vapor, que trabaja a presión, en donde, se elimina la cáscara, que está compuesta básicamente polisacáridos y el grano descascarado se muele para luego pasarlo por una malla de 100 micras o mayor (Badui, 1994).

La composición química en el grano, después de este proceso, es prácticamente la misma. La eficiencia del descascarado se mide por la cantidad de fibra cruda residual.

Cuando se elabora harina de soya (Tabla 7), se debe controlar los tratamientos térmicos, porque la proteína es muy sensible y se puede desnaturalizar fuertemente con el vapor, perdiendo su contenido nutricional.

Tabla 7. Composición de las harinas de soya (%)

	<b>Harinas</b>	
	<b>Sin grasa</b>	<b>Con grasa</b>
Proteína	41,5	53,0
Grasa	21,0	1,0
Humedad	5,0	5,0
Fibra Cruda	2,1	2,9
Ceniza	5,2	6,0
ISN	-	-

(tomado de Química de los Alimentos, Badui, 1994)

Para determinar la intensidad del calentamiento se emplean los índices de solubilidad del nitrógeno (ISN) y el de dispersabilidad de proteína (IDP). El ISN es el porcentaje del nitrógeno total que es soluble en agua a determinadas condiciones de extracción y el IDP es el porcentaje de la proteína total que es dispersable en el agua.

Los lípidos de las harinas con grasa contribuyen al valor nutritivo de la misma; éstos poseen ácidos grasos poliinsaturados, aproximadamente 50% de ácido linoleico y el 9% de linoléico que son propensos a la oxidación, originando pérdidas en la calidad nutricional (Tabla 8).

Las harinas sin grasas o desgrasadas, son las más comunes en el mercado, debido a que la extracción del aceite genera una industria económicamente ventajosa. En este proceso la soya se descascara, se muele y luego se procede a la extracción del aceite con solventes como el hexano, las partículas desgrasadas se pasan por un desolventizador para recuperar el disolvente y por un cocedor a vapor para eliminar los factores antifisiológicos.

Otro sistema para extraer el aceite, dejando libres las partículas que formarán la harina sin grasa, es utilizando métodos mecánicos de compresión, donde primero se fragmentan los granos de soya limpios, secándolos después con una corriente de aire caliente para luego colocarlos en una prensa, que rompe la estructura celular y libera los lípidos de los esferosomas. El enfriamiento del sistema mecánico evita sobrecalentamientos que pueden acelerar reacciones de oxidación y al concluir la extracción, el aceite puede almacenarse en tanques de reposo, separándose los sólidos en suspensión, que son enviados nuevamente a la prensa.

De la soya, también se pueden obtener las proteínas vegetales hidrolizadas. Para este fin, la harina se somete a una hidrólisis ácida con HCl a presión y a temperaturas elevadas, transformándose la harina en oligopéptidos y aminoácidos.

El líquido resultante es filtrado y neutralizado, retirándose olores, al final se deshidrata, utilizándose como saborizante e incrementador en alimentos como: consomés, aderezos, sopas, etc.

Tabla 8. Composición aproximada de los ácidos grasos del aceite de soya y de la mantequilla de mesa (%)

<b>Acidos Grasos</b>	<b>Soya</b>	<b>Mantequilla</b>
Saturados	18	61
Monoinsaturados	23	36
Poliinsaturados	59	3

(tomado de Química de los Alimentos, Badui, 1994)

### **3. ALIMENTACION DE PECES EN SISTEMAS CERRADOS**

Los gastos por alimentación en el cultivo comercial de tilapia pueden representar del 60 al 70% del costo total de producción, por lo tanto, un objetivo importante es el desarrollo de alimentos más económicos que provean una nutrición adecuada para el crecimiento y salud de los animales.

#### **3.1. GENERALIDADES**

Los peces necesitan un requerimiento de proteína, energía en forma de lípidos o proteína, vitaminas y minerales en la dieta. El tipo y la cantidad de cada uno de estos nutrientes varían entre las especies, dependiendo de las edades, función reproductiva y condiciones ambientales (Nicovita, 2001).

En sistemas cerrados de producción, como: estanques, jaulas, tanques, los peces crecen más rápido y se mantienen saludables si existe suficiente alimento nutritivo para comer. Fitoplancton, plantas acuáticas macroscópicas, zooplancton e insectos son ejemplos de alimentos naturales que inciden directa o indirectamente en la ganancia de biomasa/pez.

Para una buena alimentación, se considera el comportamiento fisiológico de los peces, la tendencia de alimentarse en horas de la mañana o cuando la temperatura del agua favorezca a la producción de las secreciones del tracto digestivo. Este proceso ocurre en el transcurso de la mañana, llegando a su nivel máximo en las primeras horas de la tarde y decrece hasta ser mínimo en la noche. Por lo tanto, alimentar peces antes de

las 8h00, no cumplirá el objetivo de incrementar su tamaño, debido a la mínima acidez en el tracto digestivo de las tilapias a esas horas, el alimento al ser ingerido, pasará por el intestino del pez casi sin ser procesado.

El horario ideal para la alimentación es de las 8H00 y 15H00, siendo mejor ente las 10H00 Y 15h00, cuando la acidez del tracto digestivo es máxima y por lo tanto la asimilación de las partículas alimenticias es mejor (Lozano y López, 2001).

No se recomienda, suministrar alimento comercial o dietas elaboradas experimentalmente, que superen su consumo dentro de un período de 20 minutos, debido a que el exceso del alimento hace que la tilapia tienda a ingerirlo en más cantidad, atravesando rápidamente por el tracto digestivo, produciendo una mínima asimilación por la demasiada cantidad en el intestino de los peces.

En su mayoría, los peces necesitan energía para llevar a cabo diferentes procesos como: crecimiento, movimiento, realizar funciones digestivas, construcción y regeneración de tejidos. Como fuentes de energía para el crecimiento se encuentran principalmente las proteínas y grasas, hidratos de carbono y fibra para otras actividades vitales.

La alimentación de los peces, se la debe realizar en períodos regulares, por ejemplo, en horas establecidas, diariamente o semanalmente, con alimentos balanceados manufacturados o con alimentos naturales producidos en los alrededores de los estanques, colectados en zonas aledañas o producidos en menor escala *in situ*.

El alimento suplementario no es nutricionalmente completo y no permitirá un buen crecimiento de los peces, si el alimento natural está totalmente ausente. Si el sistema de producción carece de alimentación natural, se debe proporcionar a los peces alimentos elaborados comercialmente, que contengan los requerimientos de vitaminas y nutrientes esenciales (Lozano, 1997). Los alimentos completos son utilizados en sistemas semiintensivos e intensivos de manera tecnificada.

Un alimento para tilapia debe tener las siguientes características específicas:

- Ser peletizado o extrusado
- En función a la calidad y cantidad de sus nutrientes: aminoácidos, lípidos, minerales y vitaminas, puede ser nutricionalmente completo o suplementario de acuerdo al tipo de cultivo empleado
- Debe tener una estabilidad en el agua de por lo menos 10 minutos

El tipo y la cantidad de alimento suministrado puede variar con el sistema de cultivo, densidad de siembra, fase de crecimiento en la que se encuentran los animales, condiciones ambientales, condiciones de salud y de estrés (Morales, 1991)

### 3.2. REQUERIMIENTOS DE PROTEINA

La proteína es el componente básico de los tejidos animales y es esencial para el mantenimiento y crecimiento del pez. Para su mantenimiento, el pez requiere proteína para reponer: tejidos, células del tejido intestinal, enzimas y hormonas, vitales para el funcionamiento correcto de los individuos.

Aproximadamente el 70% del peso seco de la materia orgánica del tejido de los peces está compuesto de proteínas, por lo tanto el contenido proteico es uno de los componentes más importantes de un balanceado para peces.

Los peces no necesitan que su alimento esté compuesto de diferentes cadenas protéicas, sólo requieren que en su alimentación se encuentren los 20 aminoácidos esenciales y no esenciales que componen las proteínas. La proteína de la dieta es utilizada por los peces a través de la digestión, proceso que desdobla moléculas complejas, resultando aminoácidos libres que se transportan por el sistema circulatorio, distribuyéndose por todo el animal.

Los diez aminoácidos que no son sintetizados por los peces, se denominan aminoácidos esenciales y deben ser suministrados en la dieta en cantidades adecuadas. Los aminoácidos esenciales son los mismos para todos los peces y animales, incluyendo la tilapia (Tabla 9), lo que varía es la cantidad necesaria para cada especie.

Las proteínas se encuentran en todos los animales y vegetales con diferentes cantidades y composiciones de aminoácidos, sin embargo, su digestibilidad y composición varía con el tipo de ingredientes y con el tipo y grado de procesamiento, limitando así su uso en las formulaciones de los alimentos balanceados o dietas experimentales.

Tabla 9. Requerimientos de aminoácidos esenciales para tilapia. Valores en porcentajes de proteína bruta (PB)

<b>Aminoácidos</b>	<b>Requerimiento (%PB)</b>
Arginina	4,2
Histidina	1,7
Isoleucina	3,1
Leucina	3,4
Lisina	5,1
Metionina	2,7
Fenilalanina	3,8
Treonina	3,8
Triptófano	1,0
Valina	2,8

(tomado de Jauncey y Ross, 1982)

Las fuentes protéicas, que en su mayoría se utilizan para la preparación de alimento para tilapia son de origen animal y vegetal. Las materias primas de origen animal incluyen: harina de pescado, sangre, calamar, krill, cabeza de camarón, harina de carne, hueso y subproductos de aves. Estos productos tienen un alto porcentaje de proteína bruta y contienen altos niveles de aminoácidos esenciales, disponibles en grandes cantidades, pero no son de bajo costo.

Las proteínas de origen vegetal, pueden obtenerse de: la Azolla, soya y subproductos, trigo, polvillo de arroz, semillas de maracuyá, palmiste, glúten de trigo y de maiz. La cantidad que se necesita en la dieta depende del contenido de proteína y aminoácidos, digestibilidad y costos. Aunque la mayoría de estas fuentes protéicas reúnen un perfil de aminoácidos esenciales completo para su aplicación en la formulación de dietas, algunos de estos insumos son deficientes en metionina y lisina.

Los peces utilizan con facilidad la proteína como fuente de energía por la capacidad de eliminar el amonio soluble a través de las branquias. Es importante conocer que al elaborar una dieta implica un mayor costo, cuanto más elevado sea la concentración de proteínas que ésta posea (Lozano y López, 2001).

Se han efectuado investigaciones con el fin de determinar el nivel óptimo de proteína en el alimento para peces, concluyendo que este nivel varía en la dieta de acuerdo a: la especie cultivada, estado de desarrollo, temperatura del agua, consumo de alimento, frecuencia de alimentación, calidad de la proteína suministrada (composición de aminoácidos) y la cantidad de energía protéica que aporta.

Las industrias locales producen alimento comercial para peces, con niveles de proteína comprendidos entre el 15 al 50%. Mientras más elevado sea el porcentaje de proteína, de acuerdo a los ingredientes utilizados para la formulación del alimento, mayor será su costo de producción y su precio en el mercado. (Diario El Comercio, 2005)

### 3.3 IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA EN LA ALIMENTACIÓN

Debido a que los peces son poiquilotermos, su metabolismo está influenciado por la temperatura del agua. Al aumentar ésta, el metabolismo se incrementa hasta un valor máximo, la temperatura a la que este valor se alcanza es característica de cada especie. Por encima de los valores óptimos de temperatura ocurre una disminución del metabolismo, que por lo general, origina la muerte del pez (Hepher, 1988).

Cuando se considera la nutrición de los peces en estanques, el alimento suministrado debe mantener las actividades fisiológicas del metabolismo ordinario del animal, tales como: mantenimiento, crecimiento, reproducción y actividades realizadas en forma espontánea y normal, excluyéndose las actividades de natación sostenible a alta velocidad que corresponde al metabolismo activo (Lozano y López, 2001).

La temperatura del agua, donde se cultive peces, debe tener rangos óptimos de temperatura, para que los animales se desarrollen y expresen todo su potencial de producción (Tabla 10).

Tabla 10. Temperaturas óptimas para diferentes especies de peces.

<b>Tipo</b>	<b>Especie</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Aguas frías	Truchas y salmón	< 18
Aguas templadas	Carpas	18 - 24
Aguas cálidas	Tilapias, cachamas y bagres	24 - 32

(tomado de Nicovita, 2001)

Cuando los peces no se encuentran dentro los rangos óptimos, disminuyen el consumo del alimento o no lo ingieren, generando, una pérdida económica ocasionada por el desperdicio de las dietas suministradas, además de un pobre o nulo crecimiento.

Las temperatura del agua, tanto en estanques como en jaulas, es un factor ambiental independiente sobre el cual el piscicultor tiene un control limitado. Sin embargo, la estratificación de la columna de agua del estanque puede prevenirse mediante recirculadores de agua o aireadores mecánicos, los cuales mejoran la producción al optimizar las condiciones de calidad de agua en el cultivo (Nicovita, 2001).

#### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

El desarrollo de la investigación se realizó en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el Campus Prosperina “Gustavo Galindo Velasco” ubicado en el Km 30,5 vía perimetral. Se utilizaron dos tanques de cemento del laboratorio húmedo de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar (FIMCM), durante los meses de Mayo a Agosto del 2004, periodo en el cual se efectuó la alimentación de los juveniles de tilapia roja *Oreochromis* sp., en la etapa de engorde.

Con anticipación se recolectó la Azolla en la comuna El Petrillo, provincia del Guayas y se adquirió la harina de soya de un distribuidor local, que se utilizaron como materias primas para la preparación de las dietas del bioensayo.

Se construyeron ocho corrales, a los cuales se transfirieron los juveniles de tilapia para una previa aclimatación y posterior alimentación con las 2 dietas elaboradas a base de *Azolla* y el control, que correspondió al balanceado comercial de 28% de proteína. Para cada tratamiento se tuvieron 2 réplicas.

##### **4.1. DESCRIPCION DEL ÁREA EXPERIMENTAL**

El laboratorio húmedo de la FIMCM consta de 4 tanques de cemento. Los tanques 1 y 2 no poseen recubrimiento plástico y los tanques 3 y 4 tienen geomembrana (liner) en las paredes y fondo (Anexo III).

Para el bioensayo se utilizaron los tanques 1 y 2, que por su estructura y al no tener el recubrimiento plástico, permitieron la construcción, instalación y anclaje de los corrales de manera segura.

#### **4.1.1. Formas y dimensiones de los tanques**

Los tanques 1 y 2 (Anexo IV) se encuentran en un solo módulo, separados por una pared de cemento (Figura 4). Cada uno posee su llave de control para el suministro de agua y válvulas individuales para el ingreso del aire, también tienen la caja de pesca, infraestructura que permite la captura de los peces en la experimentación al realizar los muestreos de crecimiento.



Figura 4. Tanques 1 y 2 integrados en un módulo experimental de producción

#### **4.1.2. Suministro de aireación**

La aireación es suministrada por un blower o aireador de 3,5 HP, conectado a través de una tubería de 3 pulgadas de diámetro que constituye el cabezal principal, el cual se divide en 4 cabezales secundarios que proporcionan a los tanques un flujo continuo de aire durante todo el día. Además, la aireación permite el movimiento de las capas inferiores de la columna de agua hacia la superficie y viceversa, con lo cual se garantiza una mayor distribución del aire en los corrales.

Cada corral posee dos mangueras que suministran aireación constante, conectadas por medio de llaves de paso al tubo central de distribución de aire y de acuerdo a la necesidad, se pueden abrir o cerrar individualmente.

#### **4.1.3. Suministro de agua**

El agua es el medio donde se desarrolla la vida de los peces, por lo tanto, constituye un factor fundamental para el éxito del cultivo.

Las especies hidrobiológicas necesitan de un ambiente similar al de su hábitat natural y en especial el híbrido rojo, que se adapta con facilidad a ambientes lénticos como: estanques, lagunas, reservorios, jaulas, tanques de cemento y en general en lugares confinados.

El piscicultor debe escoger una fuente confiable para el suministro de agua en óptimas condiciones, preferiblemente pura y libre de contaminantes, donde se pueda reproducir los límites tolerables de supervivencias para los animales del cultivo.

En el manejo de estanques de producción, es necesaria la suficiente cantidad de agua para compensar las pérdidas por evaporación y filtración, así como remover metabolitos producidos por la actividad biológica de los peces y otros organismos acuáticos, Además, agua de buena calidad, proporciona un ambiente apropiado para que los peces se desarrollen en condiciones favorables permitiendo obtener mejores producciones por área. (Lozano y López, 2001).

Para el bioensayo se utilizó el agua proveniente del lago de la ESPOL que posee el suficiente volumen y que permitió efectuar con facilidad las actividades de mantenimiento de los peces cultivados, recambios, renovación completa y limpieza del área de producción, de acuerdo a las necesidades.

El suministro de agua para los tanques de experimentación se lo efectuó con una bomba de 1 HP y la distribución del agua se realizó a través de tubería de PVC de 1/4 pulgadas de diámetro (Figura 5).



Figura 5. Tanque 1, en donde se observa las tuberías de suministro de agua y aire

#### 4.1.4. Determinación del volumen real

La profundidad medida desde el fondo hasta el borde superior de los tanques 1 y 2 es de 1 metro lineal. Para el experimento se utilizó una altura de 0,80 m, determinándose el volumen real con la fórmula:

$$V_r (\text{volumen real}) = L \times A \times H$$

Donde:  $V_r$  = Volumen real utilizado ( $\text{m}^3$ )

$L$  = Largo del tanque (m)

$A$  = Ancho del tanque (m)

$H$  = Altura del nivel de la columna de agua (m)

Desarrollando la fórmula se obtiene:

- Para tanque 1

$$V_r = L \times A \times H$$

$$= (5,74 \text{ m}) \times (3,53 \text{ m}) \times (0,80 \text{ m})$$

$$V_r = 16,20 \text{ m}^3$$

- Para tanque 2

$$\begin{aligned}V_r &= L \times A \times H \\ &= (5,67 \text{ m}) \times (3,53\text{m}) \times (0,80 \text{ m}) \\ V_r &= \mathbf{16,01 \text{ m}^3}\end{aligned}$$

#### **4.1.5 Preparación de los tanques de cultivo**

Previo a la transferencia de los juveniles, las paredes y el fondo de los tanques fueron raspados con una espátula, para retirar el exceso de algas. Para la desinfección, se elevó la columna de agua en un 60 % del volumen total adicionándose cloro granulado (HTH), manteniéndose con aireación durante un día. Se eliminó el agua contenida en los tanques, dejándolos secar durante 24 horas. Transcurridas las 48 horas, la columna de agua se incrementó en los tanques en un 80% del volumen total, suministrándose adicionalmente aireación continua. Al siguiente día se disminuyó el nivel, para posteriormente completar los 0,80 m de columna de agua. Finalmente los tanques quedaron expuestos al sol durante 48 horas. Un aspecto importante a considerar, es que el “olor” a cloro no debe existir y al volver a llenar los tanques, el agua debe tomar una coloración café claro. De esta manera sabemos de forma práctica y rápida pero empírica, que no existen residuos de cloro o algún otro producto de desinfección.

Con este procedimiento, se eliminó la mayoría de los organismos patógenos, como: bacterias, protozoarios y parásitos, que pueden incidir negativamente sobre los peces del cultivo.

#### **4.1.6. Formas y dimensiones de los corrales**

##### 4.1.6.1. Construcción

Para la confección de los corrales, se construyeron:

- Dos estructuras rectangulares de 1 metro de altura y de 5,73 y 5,66 m de largo para el tanque 1 y 2 respectivamente, sujetas al fondo y a las paredes mediante grapas de hierro galvanizado, las mismas que se fijaron al concreto con tornillos autoroscantes de 1/8 pulg. de diámetro x 1/2 pulg. de longitud, con ayuda de tacos fisher #8, que permiten conseguir estabilidad y sujeción, estas estructuras se utilizaron para formar la división longitudinal (Figura 6).
- Cinco compuertas rectangulares de 1 metro de alto y 1,75 m. de largo, que se ubicaron transversalmente y a la mitad del eje longitudinal de cada tanque. Las compuertas son movibles y se las puede retirar para efectos de limpieza y muestreo. Las compuertas se deslizan en el espacio comprendido entre las guías elaboradas con madera de chanul.
- Las divisiones longitudinales y las 5 compuertas fueron construidas con tubos de PVC de 3/4 pulgada de diámetro, unidas con codos y uniones en T, que fueron cosidas con malla plástica verde #20 (ojo de malla = 20 mm). Al ser instaladas en el interior de los tanques, las divisiones longitudinales y las compuertas transversales, forman 4 cuadrantes o corrales, en donde se transfirieron a los juveniles para realizar la investigación.

Para establecer la rigidez del eje longitudinal, se colocaron 2 tubos de PVC de 1 pulgada por cada corral, sujetos con tornillos desde el borde superior de los tanques

hasta el borde superior del eje y a través de los cuales se coloca una manguera fina, que en su extremo final tiene una piedra difusora para el suministro de aire a los corrales.



Figura 6. Estructura longitudinal construida en el interior de los tanques 1 y 2

#### 4.1.6.2. Dimensiones de los corrales

Para realizar el experimento se utilizaron ocho corrales, cuatro en cada tanque y separados por compuertas movibles (Figura 11). El tanque 1 contiene: corrales 1 (C1), 2 (C2), 3 (C3) y 4 (C4) y el tanque 2: corrales 5 (C5), 6 (C6), 7 (C7) y 8 (C8) (Tabla 11).

Tabla 11. Áreas de los corrales

<b>Corral</b>	<b>longitud (m.)</b>	<b>ancho (m.)</b>	<b>área (m<sup>2</sup>)</b>
C1	2,8	1,77	5,0
C2	2,8	1,77	5,0
C3	2,8	1,77	5,0
C4	2,8	1,77	5,0
C5	2,8	1,77	5,0
C6	2,8	1,77	5,0
C7	2,8	1,77	5,0
C8	2,8	1,77	5,0

El área promedio disponible de los corrales fue de 5 m<sup>2</sup> y el volumen utilizado para la producción, de 4 m<sup>3</sup> (5 m<sup>2</sup> x 0,8 m que es la altura de la columna de agua).

#### 4.2. MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LOS CORRALES

El cultivo experimental se desarrolló en la estación seca, entre los meses de Mayo a Septiembre, existiendo variaciones en las condiciones ambientales y climáticas durante el ciclo de engorde. Durante el monitoreo diario se realizó la toma de los parámetros físicos de: temperatura, oxígeno y pH, que se lo efectuó a las 8H00 y 16H00. Para la medición del oxígeno y temperatura se utilizó un oxímetro manual marca YSI.

#### 4.2.1. Oxígeno disuelto (O.D.)

Previamente calibrado, el sensor del oxímetro se colocó dentro los corrales a una altura promedio de 0,60 m registrando los valores de oxígeno (Tabla 12) y temperatura durante la rutina diaria de trabajo.

Tabla 12. Valores promedios de oxígeno disuelto (ppm) en los corrales

HORA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
8H00	3,62	3,58	3,66	3,89	3,55	3,77	3,68	3,40
10H00	4,89	4,22	3,81	5,2	4,63	4,55	4,79	4,43
12H00	7,4	6,7	8,3	8,1	7,9	7,6	7,5	8,0
14H00	8,2	7,5	7,8	8,5	8,1	7,9	8,4	7,7
16H00	9,3	8,8	9,1	8,7	8,4	8,1	8,7	9,1

Los valores promedio de oxígeno disuelto se los obtuvieron de un muestreo diario, donde los máximos valores se presentan en horas de la tarde, a partir de las 14H00, registrándose bajos niveles por la mañana.

Los corrales del bioensayo se mantuvieron con suministro continuo de aireación durante todo el día, además, la renovación de agua de los tanques en 20% diario del volumen

total, permitió el ingreso de agua fresca y nueva, manteniendo los niveles óptimos de oxígeno para el cultivo.

#### **4.2.2. Temperatura**

Las tilapias que habitan en cuerpos de agua con rangos óptimos de temperatura, crecen rápidamente debido a que éstos influyen sobre los procesos metabólicos como la respiración, excreción, digestión, alimentación, actividad muscular, etc. Además tienen la característica de ser termófilos o sensibles a cambios de temperatura (Bazurto, 1993).

Al inicio del experimento, las temperaturas de los corrales se mantuvieron constantes, a fines de Julio y en el mes de Agosto, la temperatura descendió considerablemente obteniéndose lecturas de 21°C. Durante todo este periodo, los peces mostraron poca actividad, permaneciendo en el fondo de los corrales aproximadamente hasta el medio día. A menor temperatura, el metabolismo disminuye, afectando en el desarrollo normal de los peces.

Debido a que los peces no ingerían las dietas cuando se registraron las bajas temperaturas, el horario de alimentación por la mañana se lo realizó a las 10h00 y no a las 9h00 como estaba estipulado inicialmente en el cronograma de actividades.

En horario de alimentación de 12H00 y 16h00, los peces desarrollaban más actividad, reflejándose en la avidez por el alimento cuando era suministrado a estas horas. A

mayores temperaturas del agua, ocurre una mayor actividad metabólica, lo que produce un mejor consumo del alimento y mayor crecimiento.

Las lecturas de temperatura durante el bioensayo, se muestran en la Tabla 13, observándose valores mayores de temperatura en horas de la tarde y al final del experimento en el mes de Septiembre.

Tabla 13. Valores promedio de temperatura registrados en los corrales

HORA	Temperatura (C°)							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
8H00	23,2	23,2	23,1	23,0	23,1	23,3	23,2	23,2
10H00	24,2	24,1	24,2	24,3	24,3	24,3	24,2	24,2
12H00	25,0	25,2	25,3	25,1	25,1	25,1	25,0	25,1
14H00	26,2	26,1	26,1	26,2	26,1	26,2	26,2	26,2
16H00	26,3	26,3	26,4	26,4	26,5	26,5	26,5	26,5

#### 4.2.3. Nutrientes

Los nutrientes medidos fueron: nitrito, nitrato, amonio y fosfato. Las muestras de agua se las tomó de dos lugares: en la entrada de agua y en el tubo de salida del agua de los tanques 1 y 2.

Las muestras fueron colectadas en cuatro botellas plásticas de un 1 litro cada una, inmediatamente eran rotuladas y mantenidas en congelación, hasta ser llevadas al INP

(Instituto Nacional de Pesca) para los análisis, utilizando la metodología del Standard Method (Rump y Krist, 1992) (Tabla 14).

Tabla 14. Valores de los nutrientes de las muestras de agua analizadas por el Standard Method.

PARÁMETROS ( $\mu\text{m}$ )	ENTRADA		SALIDA	
	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 1	Tanque 2
Nitrito	0,85	0,82	1,1	0,92
Nitrato	5,5	5,8	6,2	7,4
Amonio	12,75	12,86	14,21	15,48
Fosfato	0,12	0,14	0,48	1,1

Los valores de nitrato y amonio se encontraron elevados en el agua de descarga de los tanques, pero principalmente en el tanque 2, donde se evidenció claramente en el fondo del tanque, la acumulación de materia orgánica proveniente de hojas caídas, excretas de los peces y restos de alimento suministrado que no fue consumido. Para solucionar este inconveniente, se efectuó los recambios de agua, sifoneo y limpieza de manera continua que ayudaron a mantener la calidad del agua en mejor estado. Se establece que los niveles de amonio en los cultivos deben ser menores a 2 ppm (Marcillo y Landívar, 2000).

Con respecto a los nitritos, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos aceptables para tilapias, pero hay que tener en consideración que en niveles altos causa

problemas en tanques de cultivo debido a su alta toxicidad. Los valores de nitritos y nitratos deben mantenerse por debajo de 0,1 ppm, evitando inconvenientes dentro el ciclo de producción de la especie cultivada (Bardach *et al.*, 1986).

Los valores de fosfatos se encontraron entre los niveles permitidos de 0,6 a 1,5 ppm, aunque en ocasiones se acumulaba materia orgánica en los tanques; recambios fuertes de agua, ayudaron a mantener los parámetros dentro del sistema.

#### **4.2.4. Potencial hidrógeno (pH)**

Para la medición de este parámetro se utilizaron tiras indicadoras de pH colocándolas dentro del agua en diferentes zona de los tanques. Después de 10 segundos las tiras se retiraban y fueron comparadas con la base estándar, determinando el pH por observación directa de los colores obtenidos en las tiras tomando como referencia la escala pH que se encuentra en la caja. Niveles de 6,6 – 7,5 se consideran óptimos para el desarrollo de la tilapia (Marcillo y Landívar, 2000).

Las lecturas se promediaron, obteniéndose un valor de pH mínimo y máximo durante todo el ciclo de cultivo (Tabla 15).

Tabla 15. Valores promedios de las lecturas de pH del sistema.

<b>pH</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
Tanque 1	7	8,2
Tanque 2	6,8	9

#### 4.3. DIETAS SUMINISTRADAS

Durante cuatro meses, se suministraron 3 dietas isoprotéicas con 28% de proteína: dos dietas elaboradas en base de Azolla y soya y una dieta comercial extrusada. La distribución de las dietas en los corrales se la efectuó en forma aleatoria, tanto para el tanque 1 como para el 2.

Cada dieta se proporcionó en tres raciones diarias, utilizando el 5% de la biomasa de los peces contenidos en cada corral y en horarios de 9H00, 12H00 y 16H00.

Las dietas con Azolla estaban elaboradas de la siguiente manera:

- Dieta 1, Azolla seca molida (harina de Azolla) + harina de soya.
- Dieta 2, Azolla hidratada lavada (helecho en su forma original) + harina de soya (Figura 7).



Figura 7. Dietas elaboradas a base de azolla y soya. (D1: azolla seca y D2: azolla hidratada)

#### 4.3.1. Materias primas utilizadas

La Azolla, utilizada para la elaboración de las dietas, se colectó en dos lugares diferentes de la provincia del Guayas:

- a. En la comuna El Petrillo, localizada en el Km 22 vía a Daule. Ubicación geográfica: latitud (DMS): 1° 43' 60S; longitud (DMS): 79° 58' 60W; altitud 29 m.
- b. En el recinto El Jigual, Km. 21 vía Daule-Salitre (Figura 8). Ubicación geográfica: latitud (DMS): 1° 57' 0S; longitud: (DMS): 80° 0' 0W; altitud 17 m.

La dieta comercial extrusada para tilapia y la harina de soya con 40% de proteína, se las adquirió en una fábrica local que elabora alimento balanceado para peces y camarones.



Figura 8. Estanque con azolla ubicado en el recinto El Jigal (Provincia del Guayas)

#### **4.3.2. Método utilizado para la elaboración del alimento**

Se elaboraron las dos dietas a base de Azolla y soya, considerando el porcentaje de proteína final requerido en el alimento (28% PB) y la fase de cultivo en que se encuentran los animales (etapa de engorde), para lo cual se utilizó un procedimiento práctico llamado “Cuadrado de Pearson” (Jaramillo, 1988)

El “Cuadrado de Pearson”, es un método que permite fácilmente el balance de proteína a partir de dos materias primas, utilizándolo también en la forma modificada cuando existen materias primas o ingredientes adicionales, especialmente granos de cereales y subproductos de éstos.

Para determinar las cantidades utilizadas de Azolla hidratada, Azolla húmeda y harina de soya en la preparación de las dietas, se realizaron los siguientes cálculos:

- Dieta 1: Azolla seca + harina de soya

En el centro del Cuadrado de Pearson, se coloca el nivel de proteína requerido en la dieta (28%), en el extremo superior izquierdo, porcentaje de la materia prima que tiene mayor contenido de proteína, en este caso la soya (40%) y en el extremo inferior izquierdo el porcentaje de la harina de Azolla que tiene menor contenido de proteína (19%). Luego se resta diagonalmente como lo indican las flechas (Figura 9), para obtener los valores de los extremos derechos del cuadrado y en base a ellos, calcular las cantidades de ambos ingredientes o materias primas. Se suman los extremos derechos superior e inferior, obteniéndose el valor total de las partes (Azolla y soya), que equivale al 100% de la mezcla. Para preparar 10 libras de la dieta 1, se necesita:

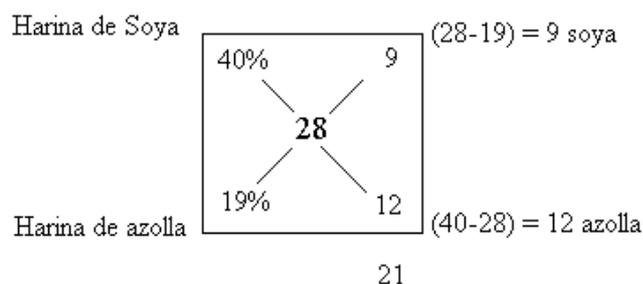


Figura 9. Cuadrado de Pearson para elaborar la dieta en base seca (D1)

La soya equivale a 9 partes de la dieta que contiene 21 partes en total, para preparar 10 libras se necesita:

**Soya:**  $(9 \times 10) / 21 = 4,28$  libras

De las 21 partes de la dieta, 12 partes de harina de Azolla corresponden a:

**Azolla:**  $(12 \times 10) / 21 = 5,71$  libras

- Dieta 2: Azolla hidratada + harina de soya

Para la preparación de la dieta 2, se efectuó el mismo procedimiento utilizado en la dieta 1, considerando 9% de proteína contenida en la Azolla hidratada. Para elaborar 10 libras de la dieta 2, se requiere (Figura 10):

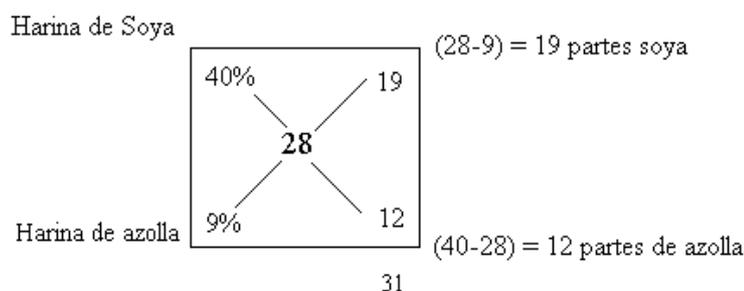


Figura 10. Cuadrado de Pearson para elaborar la dieta en base húmeda (D2)

**Soya:**  $(19 \times 10) / 31 = 6,12$  libras

**Azolla:**  $(12 \times 10) / 31 = 3,87$  libras

#### 4.3.3. Preparación del alimento

La Azolla colectada es depurada con abundante agua potable, antes de utilizarla para preparar las dietas.

Para la elaboración de la dieta 1, previamente se deshidrató la Azolla utilizando el horno de la FIMCM, durante 8 horas a 60°C. También se procedió, a secar de forma natural parte del helecho colectado, exponiéndolo directamente a los rayos solares durante 8-10 horas sobre una lámina plástica, obteniéndose en los dos procesos Azolla seca, que se empleó como materia prima para preparar la harina.

En la dieta 2, la Azolla colectada, se la utilizó en su forma original, no se requirió de procesos térmicos de secado, manteniendo el nivel nutricional y de humedad intactos.

Las dietas se prepararon de la siguiente manera:

- Mezclado manual de los ingredientes (Azolla y soya), en las proporciones requeridas de acuerdo a los cálculos establecidos por el Cuadrado de Pearson.
- Peletización de los ingredientes para la formación de la partícula del alimento, considerando que sea del mismo tamaño del balanceado comercial.
- Secado de los pellets por medio del horno a 60 °C o por exposición directa a los rayos solares, durante 8-10 horas en ambos casos. El tiempo de deshidratación de los pellets varía de acuerdo a la temperatura y cantidad colocada en el horno, considerando que para los dos tipos de secado, se requiere extraer la mayor cantidad de agua posible, sin desnaturalizar la proteína contenida. Bajo la exposición de los rayos solares, se utilizó un periodo de 8-10 horas.
- Recolección del alimento preparado y almacenado en bandejas metálicas cubiertas con papel de aluminio.

#### 4.4. PROTOCOLO DE ENGORDE DE LOS JUVENILES

El engorde de los juveniles de tilapia roja, se lo realizó durante un período de 4 meses, teniendo como objetivo principal alcanzar un peso promedio mayor a 200 gramos/pez. De acuerdo al crecimiento de los peces, en base a la medición de los parámetros biométricos de longitud y peso, se realizaron los cálculos de alimentación para las dietas

suministradas considerando el 5% de la biomasa de cada corral, efectuándose los ajustes necesarios durante el proceso del cultivo (Figura 12).

Al concluir el experimento, se determinaron las variables de la supervivencia y ganancia de peso y longitud de los peces, efectuándose la comparación de los animales alimentados con las dietas a base de Azolla, con los que se les suministró la dieta comercial.

#### **4.4.1. Procedencia de los juveniles**

Se adquirieron 500 juveniles de tilapia, con un peso promedio de 55 g, provenientes de Cultinsa S.A., tilapera de alevinaje, ubicada en Chongón, Km 24 vía a la costa. Los peces se encontraban previamente reversados sexualmente al 98% (fuente: Carlos Gonzabay, técnico de Cultinsa). Los juveniles fueron trasladados desde la granja hasta el laboratorio húmedo de la FIMCM en 3 tinas plásticas de 250 litros cada una y con oxigenación individual.

Para el experimento se utilizaron 240 peces, el remanente se lo utilizó para sustituir a los animales que perecieron durante la transportación, de la tilapera hasta la ESPOL, y en el proceso de aclimatación en los tanques de producción. La reposición de los ejemplares que perecieron se la realizó hasta antes de la fecha de alimentación con las dietas, a partir de la cual, la población total de los tanques quedó establecida.

#### 4.4.2. Densidad de siembra

Se realizó un cultivo experimental de tipo semi-intensivo, utilizando una densidad de siembra de 6 animales/m<sup>2</sup>. En este tipo de sistema, el engorde de peces se lo realiza a densidades de 3 – 5 individuos/m<sup>2</sup> pudiendo llegar hasta 8 peces/ m<sup>2</sup>, contando con un aporte de aireación adicional al cultivo, por medio de paletas o un inyector de aire.

Para determinar la densidad de siembra, considerando que se desea obtener al final del experimento 200 g/pez, con una sobrevivencia de 80%, obteniendo 1000 g/m<sup>2</sup> en el sistema semi-intensivo, se realizaron los siguientes cálculos:

$$1000 \text{ g/m}^2 \times 1 \text{ animal}/200 \text{ g} = 5 \text{ animales/m}^2$$

5 animales/m<sup>2</sup>, corresponden al 80% al final de cultivo, la densidad inicial (100%) fue:

$$\begin{array}{rcl} 5 \text{ animales/m}^2 & 80\% & \\ & \times & \\ & 100\% & \end{array}$$

$$X = \text{densidad de siembra inicial} = 6,2 \text{ animales/m}^2$$

Como cada corral tiene 5 m<sup>2</sup> de área disponible:

- 6 animales/m<sup>2</sup> x 5 m<sup>2</sup>/corral = **30 animales/corral**
- 30 animales/corral x 4 corrales/tanque = **120 animales/tanque**

#### 4.4.3. Cronograma de alimentación

Se efectuó la alimentación en tres horarios: la primera ración se la suministró a las 9H00; la segunda a las 12H00 y la tercera a las 16H00 (Tabla 16). En el mes de Agosto, debido a las bajas temperaturas del agua registradas (21 – 22°C) y observando

que los peces permanecían inactivos en el fondo del tanque, el horario de alimentación por la mañana se cambió a las 10H00.

El experimento se concluyó cuando los peces alimentados con dos dietas diferentes, alcanzaron más de 200 g.

Tabla 16. Distribución de las dietas suministradas en los corrales

<b>Corrales</b>	<b>Dieta suministrada</b>	<b>Descripción</b>
C1	<i>Azolla</i> seca 1	AS1
C2	<i>Azolla</i> seca réplica 1	ASR1
C3	Control 1 (balanceado comercial)	C1
C4	<i>Azolla</i> hidratada	AH
C5	<i>Azolla</i> hidratada réplica 1	AHR1
C6	<i>Azolla</i> hidratada réplica 2	AHR2
C7	Control 2 (balanceado comercial)	C2
C8	<i>Azolla</i> seca réplica 2	ASR2



Fig. 11. Distribución de los corrales en el interior de los tanques 1 y 2.



Figura 12. Pesaje de la cantidad requerida de la dieta en gramos para la alimentación de los peces del cultivo experimental

#### 4.4.4. Profilaxis del sistema

La excelente calidad de presentación, salud y una buena apariencia de los animales, influyen positivamente sobre los consumidores de tilapia. Peces enfermos, con ulceraciones, coloraciones extrañas, etc., no son de interés económico para el mercado internacional. Por lo tanto, el control y prevención de enfermedades es necesario e indispensable para un sistema de producción.

A partir de la segunda semana, la población disminuyó considerablemente. Al realizar los muestreos, se observó, en algunos peces, una formación algodonosa de color blanco y gris, alrededor de la boca, branquias, ojos, aletas ventrales y entre las escamas.

Las estructuras de la formación algodonosa (hifas), analizadas con el microscopio óptico con un lente de 40x, permitieron identificar como *Saprolegnia*, agente causal de esta enfermedad. La saprolegniosis es una invasión de hongos de los géneros *Saprolegnia* y *Achlya*, los cuales crecen en animales muertos, débiles o que se encuentran en situaciones constantes de stress (Conroy, G. y Conroy, D., 2001). El instinto reproductivo de los machos de hacer nidos en el fondo de los tanques, estableció que en el sedimento, éstos se rasparan y lastimaran los bordes de la boca, opérculos y aletas, dejando heridas expuestas para la invasión y proliferación de este parásito en los peces.

La saprolegniosis fue eliminada de los tanques, adicionando 450 ml de formol con una concentración de 25 ppm durante una semana. El tratamiento con formol se lo realizó

una hora antes de la alimentación en horario matutino; al día siguiente se efectuaba un recambio del 80% del volumen de agua y se aplicaba de inmediato el tratamiento.

Después de la semana de tratamiento, al realizar los muestreos, se pudo observar claramente la mejoría de los peces, quedando muy pocos con el hongo, que en el transcurso del bioensayo se eliminó por completo.

#### **4.4.5. Muestreos**

El pesaje o la medición de los peces son procedimientos utilizados para apreciar el crecimiento y su condición. Diversas mediciones sirven para apreciar la longitud de los peces, en el cultivo se pueden utilizar: la longitud total, la longitud a la horquilla (zona media cóncava de la aleta caudal) y la longitud estándar. El desgaste de los extremos de las aletas y la dificultad de situar el extremo del pedúnculo caudal hacen que a veces se prefiera la longitud a la horquilla, también la aleta caudal debe presentar una horquilla, lo que no ocurre en todas las especies cultivadas (Garduño y Muñoz, 1998).

Inicialmente, se realizaron los muestreos de crecimiento semanalmente. Debido al manipuleo de los peces y el stress que ocasiona este proceso, se presentó mortalidad en la población. A partir de la segunda semana hasta el final del cultivo, los muestreos se los efectuaron quincenalmente, evitando causar stress en los animales, disminuyendo considerablemente el porcentaje de mortalidad.

Para el muestreo se capturó los peces de los corrales con artes de pesca de mano, transfiriéndolos en gavetas plásticas numeradas. Se muestreó toda la población contenida en los 8 corrales (240 individuos), determinando la longitud de los peces con el ictiómetro y el peso, a través de la balanza gramera (Figura 13).

Los valores obtenidos de longitud y peso, se los promedió, calculándose la cantidad de alimento, utilizando el 5% de la biomasa. Se realizaron, en total, once muestreos durante el bioensayo. En los días de muestreos, no se suministró alimento.



Figura 13. Muestreos para determinación de crecimiento (longitud y peso) de los peces del experimento

“(tomado de la investigación realizada, 2004)”

#### **4.4.6. Rutina diaria**

Las actividades diarias de control y manejo de los tanques de producción se las realizó de lunes a domingo, efectuándose de la siguiente manera:

<b>Hora</b>	<b>Actividad realizada</b>
08h00	Toma de parámetros
08H30	Pesaje del alimento a suministrar en los corrales
09h00	Alimentación de la primera dosis
09h30	Recambio de agua y limpieza de residuos de alimento y heces
10h30	Llenado del tanque hasta completar el nivel de columna de agua
11h30	Pesaje del alimento para la segunda dosis suministrada
12h00	Alimentación de la segunda dosis
13h00	Almuerzo del técnico
15h30	Pesaje del alimento para la tercera dosis suministrada
16h00	Alimentación de la tercera dosis
16h30	Desconexión de la bomba de agua
16h45	Chequeo y revisión final diaria del comportamiento de los peces

## **5. RESULTADOS**

### **5.1. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN PESO**

Se efectuaron 11 muestreos durante el ciclo de experimentación; los dos iniciales, se realizaron semanalmente y los siguientes controles cada quince días. Los resultados de crecimiento en peso, se detallan en la Tabla 17.

Para el análisis estadístico, se calculó la media y la desviación estándar para cada tratamiento (Anexo I).

Tabla 17. Valores de crecimiento en peso (g)

Tratamientos	Muestras											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D1	55±0	55,51±3,5	57,36±2,8	62,36±0,8	71,26±3,2	81,98±2,7	91,01±0,8	108,77±7,4	130,03±4,7	144,2±9,3	165,8±9,8	188,4±11,3
D2	55±0	58,22±5,5	59,49±4,8	68,47±3,0	80,37±7,1	92,49±9,8	96,6±11,2	113,34±9,4	132,69±8,4	146,6±5,7	165,0±7,9	181,6±5,8
D3	55±0	57,46±0,9	57,39±0,3	65,64±0,1	79,10±0,6	91,63±0,7	102,9±1,2	118,10±2,6	140,30±6,2	164,1±5,7	179,5±1,3	203,5±10,5

D1: Dieta elaborada con harina de Azolla y harina de soya

D2: Alimentación con Azolla hidratada y harina de soya

D3: Alimento comercial extrusado con 28% proteína

Los resultados obtenidos a través del método Scheffe (Kuehl, 2001) en el análisis Anova de una sola vía, reveló que a partir del día 28 aparecen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), en el análisis comparativo de la dieta 1 con la alimentación a base de azolla hidratada; en los muestreos realizados entre los días 42 y 98 no se presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Sin embargo, en el día 112 se observan diferencias significativas, entre el alimento comercial y la dieta 1. El muestreo efectuado el día indicado no presentó diferencias, manteniéndose la misma tendencia hasta el final del cultivo (día 140).

Los resultados se aprecian en la respectiva curva de crecimiento (Figura 14), donde se observa claramente el comportamiento de la curva del alimento a base de azolla hidratada, que se mantiene en crecimiento hasta el día 56, con respecto a las dietas 1 el alimento comercial. A partir de éste día, la dieta extrusada, comienza su tendencia ascendente de crecimiento hasta el final del experimento.

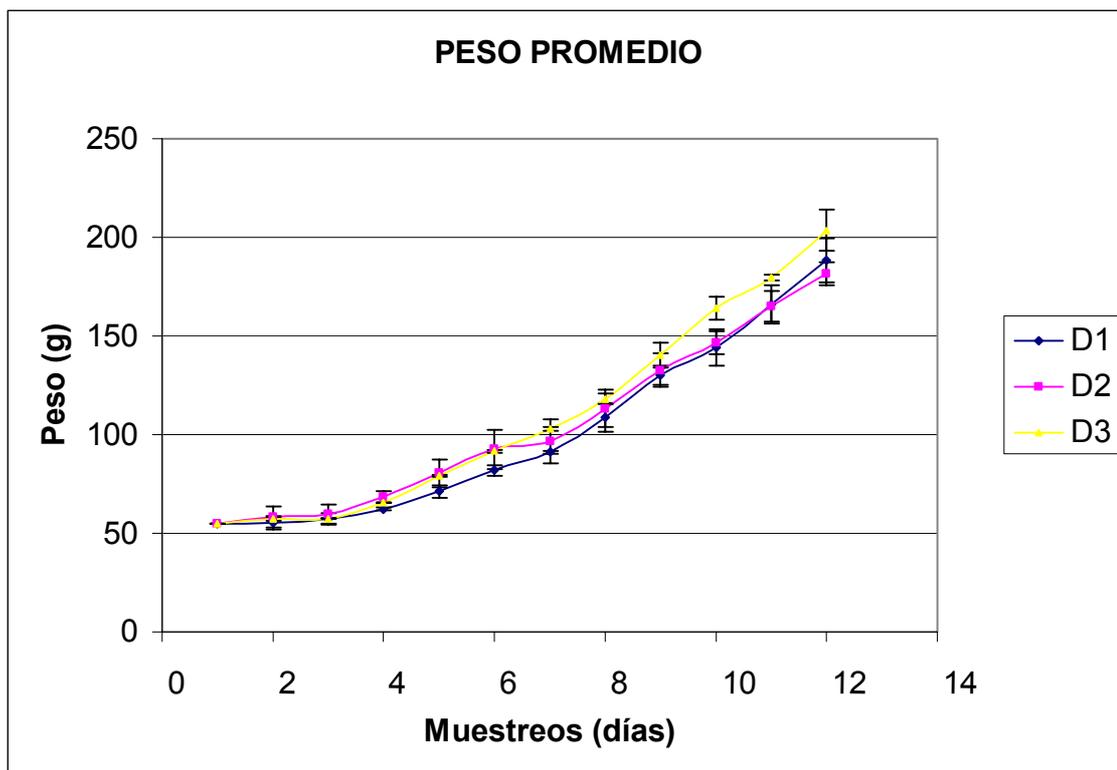


Figura 14. Pesos promedios de los peces del experimento(g)

## 5.2. COMPORTAMIENTO DEL CRECIMIENTO EN LONGITUD

El análisis estadístico de las diferencias promedio de longitud en los peces (Tabla 18), entre tratamientos, fue realizado a través de Anova de una sola vía, utilizando el método Scheffe (Anexo II).

Tabla 18. Variaciones de longitud obtenidas con las dietas suministradas (mm)

Tratamientos	Muestras											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D1	145±0	148,8±3,7	148,9±2,8	152,0±2,3	164,7±2,3	169,3±0,4	172,2±1,9	179,0±5,0	190,0±2,4	190,0±3,6	200,0±3,6	210,0±4,4
D2	145±0	147,0±3,8	147,3±6,2	155,0±26,9	164,5±5,5	172,4±5,1	173,5±5,9	179,2±6,2	189,2±6,6	194,3±5,0	200,3±5,5	208,0±4,2
D3	145±0	151,0±5,0	148,9±0,1	153,3±0,89	164,6±1,1	172,1±1,9	175,1±0,6	183,0±0,8	193,3±1,3	203,0±1,0	206,0±2,1	212,0±5,7

D1: Dieta elaborada con harina de Azolla y harina de soya

D2: Alimentación con Azolla hidratada y harina de soya

D3: Alimento comercial extrusado con 28% proteína

El análisis Anova de una vía con el método de Scheffe, no mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos desde el día 7 al 98. Aunque la tendencia de las curvas se mantuvo ascendente durante este período, las longitudes promedios se mantuvieron muy similares en los tratamientos suministrados.

A partir del día 112 de cultivo, se evidenció diferencias significativas entre el alimento comercial y la dieta a base de harina seca, evidenciándose gráficamente, que la D3 desplaza a la dieta 1 y a la dieta elaborada con Azolla hidratada (Figura 15).

En el día 126 no se observaron diferencias significativas entre las dietas y el comportamiento ascendente de la alimentación con la dieta comercial se mantuvo estable hasta el día 140, mostrando similitud entre la dieta comercial, el alimento con Azolla seca y la dieta con Azolla hidratada al finalizar el experimento.

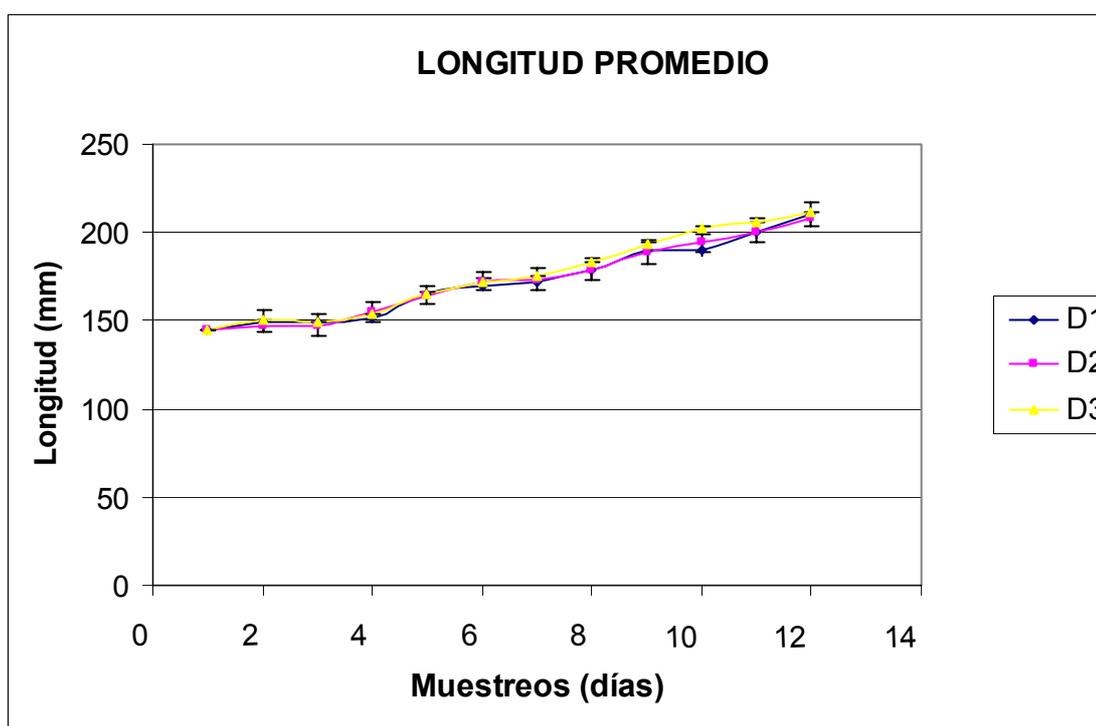


Figura 15. Longitud promedio en los muestreos realizados (mm)

### 5.3. EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA

La supervivencia en un sistema de producción acuícola, evidencia el comportamiento de los peces cultivados comercial o experimentalmente. Para el presente bioensayo, se utilizó como herramienta, para evaluar las condiciones en los corrales y como referencia para los ajustes en la alimentación, evitando una sobrealimentación en el sistema.

En la tabla 19, se citan los valores correspondientes de la supervivencia obtenida durante los muestreos de cada tratamiento en los 140 días de producción y al final del cultivo.

Tabla 19. Valores de supervivencia (%) registrados en los tratamientos

Tratamientos	Muestras											
	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
D1	100	83	80	78	70	66	63	60	56	54	54	56
D2	100	81	76	74	72	72	69	63	59	56	54	52
D3	100	88	77	77	77	72	67	65	62	60	55	50

Los rangos de supervivencia disminuyeron de 100% hasta un valor promedio de 50% durante los 140 días del experimento. La supervivencia más baja se la obtuvo con el suministro del alimento comercial de 28% de proteína.

Al final del cultivo, las dietas con Azolla seca y húmeda, mostraron una supervivencia de 56 y 52% respectivamente con respecto a la dieta comercial, mostrando que estos alimentos mantienen la población de los peces en los corrales en forma similar al balanceado extrusado.

Gráficamente (Figura 16), se puede observar el comportamiento de la supervivencia promedio entre las dietas, durante la fase experimental del cultivo, obteniéndose mayor supervivencia en los corrales alimentados con las dietas a base de Azolla seca (D1) y la Azolla hidratada (D2).

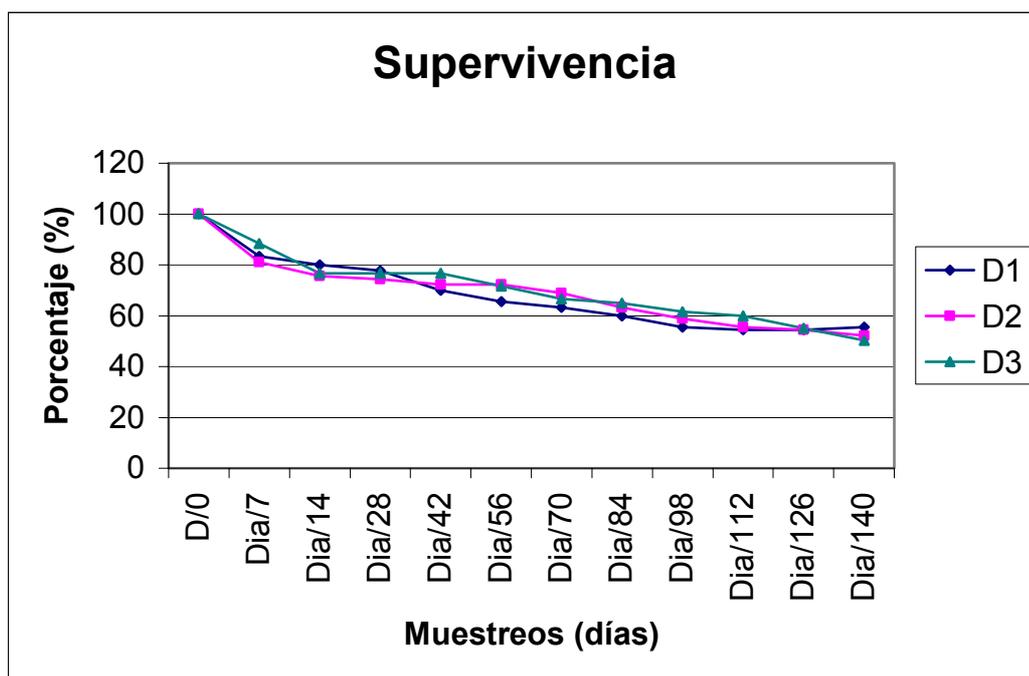


Figura 16. Supervivencia en los tratamientos durante el experimento

#### 5.4. ANÁLISIS DEL AMINOGRAMA DE LA HARINA DE AZOLLA

El aminograma es un análisis cuantitativo y cualitativo que permite conocer el contenido de aminoácidos que posee una materia prima en forma de harina o polvo, para el experimento, se utilizó Azolla seca previamente molida y convertida en harina.

Realizado el análisis, el aminograma reveló el perfil de aminoácidos de la harina de Azolla (Tabla 21) verificando que carece de cistina, aminoácido esencial requerido en la alimentación del *Oreochromis niloticus* (Tacon, 1989).

La ausencia de cistina en la harina de Azolla, es compensada con la adición de la harina de soya que contiene este aminoácido en un 0,73% del peso en base alimenticia (Tacon, 1989) cuando se elaboraron las dietas en base de Azolla y soya.

Tabla 20. Aminograma de la harina de azolla (% = g/100g de muestra)

<b>Aminoácidos</b>	<b>%</b>
Ácido aspártico	2,14
Treonina	0,93
Serina	0,94
Ácido glutámico	2,75
Prolina	0,88
Glicina	1,23
Alanina	1,52
Cistina	-
Valina	1,18
Metionina	0,29
Isoleucina	0,92
Leucina	1,67
Tirosina	0,70
Fenilalanina	1,16
Histidina	0,45
Lisina	0,89
Arginina	1,10
Triptófano	0,42

El resultado de la sumatoria de los porcentajes de los aminoácidos contenidos en la harina de Azolla, muestra un valor de 19,17 % de proteína total; porcentaje de proteína que considerado para la preparación de la dieta con Azolla en base seca (19% de proteína).

En la elaboración de la dieta con Azolla hidratada, se consideró el valor de proteína de 9%; porcentaje obtenido del análisis bromatológico de la Azolla húmeda, realizado en los laboratorios del Programa de Tecnologías en Alimentos, PROTAL-ESPOL.

Tabla 21. Análisis químico de la *Azolla* sp.

<b>Parámetro determinado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Cenizas	%	2,095
Fibras	%	4,54
Nitrógeno	%	1,51
Proteínas	%	9,44
Humedad	%	81,61

### 5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La distribución de las dietas en los ocho corrales utilizados en el experimento, se la efectuó en forma aleatoria, con la finalidad de disminuir el porcentaje de error estadístico al terminal el bioensayo.

Se elaboraron dos dietas con Azolla y soya: Azolla hidratada, previamente enjuagada con agua potable, con un porcentaje de 9% de proteína y Azolla deshidratada (harina) con 19% de proteína. Los resultados del suministro de las dos dietas con azolla se compararon con el alimento comercial (control). Para cada tratamiento se utilizaron dos réplicas.

Las variables analizadas en cada uno de los tratamientos fueron: peso promedio final, longitud final promedio y % de supervivencia en cada una de las dietas a base de Azolla, comparándose con los resultados obtenidos con el alimento balanceado comercial.

El software estadístico empleado para evaluar los datos obtenidos fue Data Desk 6.0 (Moore, 1997), efectuándose para las dietas 1, 2 y 3 (D1, D2, D3) Anova de una sola vía por medio del método Scheffe.

## 5.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el desarrollo del cultivo experimental, se analizaron los costos de los insumos y materiales empleados en la construcción de los ocho corrales, costo de las dietas experimentales a base de Azolla y precio del alimento comercial extrusado para tilapia de 28% de proteína.

### 5.6.1. Insumos y materiales

En la Tabla 22, se indican los valores que fueron invertidos en el desarrollo del cultivo experimental.

Tabla 22. Costos de insumos y materiales utilizados en el experimento

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
Materiales empleados en la construcción de los corrales	\$ 250,00
Análisis del aminograma de la harina de Azolla	\$ 65,00
Balanceado comercial (1 saco; 25 Kg c/u; \$9.50)	\$ 19,00
500 juveniles (donación)	\$ 0.00
Transporte	\$ 30,00
2 Tinas plásticas (250 litros; \$30 c/u)	\$ 60,00
Total	\$ 424,0

### 5.6.2. Costos de las dietas experimentales a base de azolla

Los costos que a continuación se detallan, corresponden al consumo durante los 4 meses del experimento, considerando como ingredientes: Azolla (colectada del medio natural) y la harina de soya (precio del saco de 45 Kg. = \$16,34) (Tabla 23).

Tabla 23. Costos utilizados para la preparación del alimento experimental a base de Azolla y soya

<b>Corrales</b>	<b>Harina de soya (Kg)</b>	<b>Valor (1 Kg)</b>	<b>Valor Total</b>
D1: C1 C2 C8	7,2	\$ 0,36	\$ 2,6
D2: C4 C5 C6	7,8	\$ 0,36	\$ 2,8
Total	15,0	\$ 0,36	\$ 5,4

### **5.6.3. Costos del alimento comercial**

El costo del alimento balanceado extrusado con 28% de proteína, se basó en la cantidad de alimento comercial suministrado, teniendo como referencia el precio del saco de 25 kilos que es de \$ 9,50 (precio de 1 Kg. = \$ 0,38) (Tabla 24).

Tabla 24. Cantidad y costos del alimento comercial suministrado en los corrales 3 y 7 durante el experimento

<b>C3 (Kg)</b>	<b>C7 (Kg)</b>	<b>Total Alimento (Kg)</b>	<b>valor (1 Kg)</b>	<b>Valor total</b>
15,5	12,7	28,2	\$ 0,38	\$ 10,7

Sumandos los costos de los insumos y materiales, el valor para producir las dietas experimentales y el precio del alimento comercial utilizado en los corrales tres y siete,

se obtuvo un total de \$ 440,1, valor de inversión utilizado en 140 días durante la fase experimental de engorde de tilapia.

En términos generales, las estrategias de alimentación de cultivos semi-intensivos, están de acuerdo a la disponibilidad de semillas o alevines, manejo del sistema, considerando el costo/beneficio/hectárea y el costo de alimento durante el ciclo de producción.

En función de los costos de alimento y la alimentación por unidad de producción (corrales) en función del tiempo, se debe considerar:

1. Costos relacionados a las opciones de alimentación

- a. Área destinada a la producción del alimento vivo, preparación del alimento y almacenaje de las materias primas.
- b. Estructuras y construcciones, laboratorios, tanques de cemento, etc., empleados en su totalidad a la producción acuícola.
- c. Maquinarias y equipos: peletizador, molinos, licuadoras, hornos, congeladores, autoclave, refrigerador, etc., relacionados con la elaboración de las dietas.

2. Costos de operación asociados con las opciones de alimentación:

- Energía, electricidad, gasolina, diesel
- Mantenimiento y refacciones de los equipos: blowers y bombas de agua
- Fertilizantes químicos, vitaminas y antibióticos
- Abastecimientos constante de materiales
- Imprevistos

3. Valor en el mercado de los peces cultivados considerando las ventas por ciclo o año de producción.

4. Gasto en efectivo total de las piscinas por año o por ciclo, donde se incluyen los costos de operación, amortización, seguros, etc.

## DISCUSIÓN TÉCNICA

En la investigación bibliográfica técnica y científica para el desarrollo de la presente tesis, se menciona que la *Azolla* sp., helecho acuático fijador de nitrógeno, tiene múltiples aplicaciones como:

- Fertilizante, que al incorporarlo directamente al suelo aumenta la disponibilidad de nutrientes, en especial, compuestos nitrogenados durante el cultivo de arroz.
- Como depurador y descontaminante de cuerpos de agua, que contienen niveles altos de nutrientes en forma de nitratos, nitritos y amonio.
- Puede utilizarse como alimento y suplemento proteico en: peces, patos, ganado porcino y vacuno, suministrándolo en su forma natural (hidratada) y procesada (harina).

En el Ecuador, la información con respecto a la utilización de plantas acuáticas como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapias, es mínima. En las provincias del Napo y Pastaza, *Azolla filliculoides* se la suministra directamente como alimento para peces en pequeños estanques de cultivo, generando ingresos económicos a nivel local.

Se desconoce, a priori, el contenido proteico de la *Azolla*, lo cual hizo necesario efectuar los análisis pertinentes.

En la provincia del Guayas, existe en forma silvestre *Azolla caroliniana*, cuyo análisis bromatológico y aminograma reveló un contenido proteico del 9 al 19% respectivamente.

Las propiedades físico-químicas del agua o del entorno donde se desarrolla la Azolla, permiten que fije menor o mayor cantidad de nitrógeno a través de la relación simbiótica con la *Anabaena azollae*, lo que influye en las características nutritivas del helecho y su potencial aplicación en acuicultura.

## CONCLUSIONES

- El alimento con Azolla hidratada mantuvo una tendencia ascendente hasta el día 56, por encima del balanceado comercial, contribuyendo a la ganancia de peso.
- Se observó que en los muestreos realizados en los días 7 y 14, las tres dietas suministradas en los corrales mantenían similar comportamiento ascendente, inclusive mayor ganancia de peso que la dieta comercial, se mantenía a partir del día 28 de muestreo entre la dieta 1 y 2.
- Con la dieta en base seca, en el día 140 de muestreo, se obtuvo el peso final de 201,20 g ( $>200$ ) en el corral 1, con lo cual se cumplió el objetivo propuesto inicialmente. En el mismo día de muestreo, los peces alimentados con la dieta comercial en el corral 3 alcanzaron el peso de 213,40, aunque las réplicas de ambos tratamientos no lograron el mismo objetivo.
- El promedio individual de los tres tratamientos fueron de: balanceado comercial extrusado 203,50 g, con las dietas 1 y 2 se lograron pesos de 188,4 y 181,57 gramos respectivamente.
- En función del crecimiento específico promedio de los peces alimentados con la dieta 1 (1,6 g/día), se concluye que efectuando 2 semanas adicionales de cultivo (un muestreo), se obtendrían el peso promedio requerido para el bioensayo ( $>200$ ), manteniéndose bajos costos de alimentación.

- De acuerdo al crecimiento específico promedio de 1,2 g/día, los peces alimentados con la dieta 2, necesitarían 21 días adicionales (1 muestreo + una semana) para obtener los resultados en peso similares al del control (alimento comercial extrusado).
- Con la dieta 1 (Azolla seca) se registró un mayor peso al final del cultivo en relación a la dieta 2, aunque hasta el día 112, el comportamiento de la curva de crecimiento para la el alimento con Azolla en base seca se mantuvo por debajo de la dieta 2. En el último muestreo efectuado la dieta 1 desplazó a la dieta 2, aunque no se obtuvo el peso requerido (>200 g).
- Al final del experimento hubo diferencias de 15,1 y 21,9 gramos entre las dietas 1 y 2 respectivamente respecto al alimento control.
- Se concluye, de acuerdo al incremento final en peso, que la dietas elaboradas con Azolla son eficientes y se puede suministrarlas en cultivos comerciales en un periodo de 140 días, reduciendo los costos de producción, continuando con la alimentación tradicional comercial a partir de esta fecha.
- Durante todo el ciclo experimental de producción, estadísticamente y en función a los resultados obtenidos, no se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

- Las longitudes promedio en los 3 tratamientos se mantuvieron muy similares al final del experimento, obteniéndose 210; 207,7 y 212 milímetros con las dietas 1, 2 y 3 respectivamente.
- Con respecto a la flotabilidad del pellet, la dieta 1 presentó un mejor comportamiento, manteniéndose por más tiempo en la superficie del agua, respecto a la dieta con Azolla hidratada, que al ser suministrada en los corrales, inmediatamente se sumergía hasta el fondo del tanque.
- Aunque el incremento de peso se observó que fue mayor en los corrales donde se suministró el alimento comercial, el porcentaje de supervivencia fue menor (50%), a diferencia de los corrales alimentados con Azolla seca e hidratada, donde los porcentajes fueron de 56 y 52 respectivamente.
- A partir del día 28, al efectuarse los muestreos en el tanque 2, se encontró alevines en la caja de pesca y huevos en etapa de incubación en la boca de algunas tilapias, con lo que se concluye que la reversión no fue del 98% como se indicó en la granja, lo cual perjudica en la ganancia de peso.
- La presencia de hembras, es un factor que influye negativamente en un cultivo de tilapias, debido a que éstas, en su etapa reproductiva utilizan la mayor cantidad de energía para formación de gónadas y huevos.

- Las dietas elaboradas con Azolla, mantienen bajos los costos de producción, con respecto al rubro de alimento, necesitándose un mes adicional en un ciclo de producción semi-intensiva para obtener los pesos promedios cuando se utilizan alimentos balanceados comerciales.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda, para futuros trabajos de investigación, obtener alevines certificados, con un porcentaje de reversión sexual química del 95-98%, lo que garantizará una ganancia de peso y longitud uniformes, evitando diferencias en talla, debido a la presencia de hembras en sistemas comerciales o experimentales de cultivo.
- Para el presente trabajo de investigación, se utilizó *Azolla caroliniana*, en su forma natural (helecho hidratado) y en forma de harina (Azolla seca y molida). En Ecuador existen otras especies de Azolla, de las cuales se desconoce el valor nutricional que poseen y que podrían utilizarse como ingredientes en la preparación de alimentos de bajo costo para peces, facilitando a pequeños y medianos productores incorporarse a las actividades de producción piscícola.
- Al realizar los muestreos, si se obtienen lecturas bajas de temperatura de agua ( $<21^{\circ}\text{C}$ ), para el caso de cultivo de tilapia, es recomendable suministrar el alimento, cuando la temperatura del agua aumente o cuando las condiciones climáticas mejoren.
- Se recomienda, al realizar cultivos en los tanques de cemento o en los que poseen recubrimiento de liner, utilizar corrales, garantizando que los peces del cultivo experimental utilicen y aprovechen el alimento que se encuentran en el fondo, además del que se encuentra en la superficie y en la columna de agua.

Para el presente bioensayo, por observación directa, se apreció que las tilapias se alimentan con facilidad en estas 3 zonas (superficie, columna media y fondo).

- Se recomienda continuar con el experimento del engorde del híbrido rojo de tilapia, suministrando las dietas con Azolla para conocer los costos y tiempo que se requieren hasta obtener un peso comercial de 600-800 g/pez.
- Se recomienda que la instalación de la entrada de agua, sea ubicada en una posición opuesta a la caja de pesca, con la finalidad de mejorar la distribución y circulación de agua en el interior de los corrales.

## **BIBLIOGRAFIA**

- AGOSTINHO, A., GOMES, L. C. y FERREIRA JULIO, H. Jr. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes, en ecologia e manejo de macrófitas aquáticas, Maringá, Brasil, pp. 264-280.
- BADUI, S. 1994. Química de los alimentos, Universidad Autónoma de México, Editorial Alhambra mexicana, S.A, primera reimpressão, México, 1974, pp. 617-624.
- BARDACH, J.E. RYTHER, J.H. y MCLARNEY, W.O. 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor S.A. México D.F., 741 p.
- BASURTO, M. 1993. Algunos aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la laguna de Chila, Veracruz. Veracruz, México, 3 p.
- BECERRA M. 1990, Azolla Anabaena. Un recurso valioso para la producción agropecuaria en el Trópico. (T R Preston, M Rosales y H O de la Cruz. CIPAV, 199, Cali, 15 p.
- CARRAPICO, F. ANTUNES, T. SEVINATE, I. TEIXEIRA, G. SERRANO, R. BAIÓIA, V. PEREIRA, A. L. ELIAS, F. BASTOS, M. 2001. Azolla en Portugal. Lisboa, Portugal, 15 p.
- CARRARO, S. 1982. Etude de l'influence de differents regimes alimentaires a base d'azolla sur la croissance de *Sarotherodon niloticus*. Faculte de Sciencies, Louvain-La-Neuve pp. 81-83. CASTILLO, L.F. 2001. Tilapia roja 2001: una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle, 89 p.

CONROY, G. & CONROY, D. 2001. Importantes enfermedades en tilapias bajo cultivo. Tumbes, Perú, 17 p.

CRUZ, J. 2003. Utilización de la Azolla como ingrediente en la dieta del híbrido tilapia roja, Colombia, pp. 349-355.

EL COMERCIO, Diario Segunda Sección, La venta de tilapia. Estadísticas de la exportación del producto ecuatoriano, 2005, Quito, Ecuador, 1 p.

GARDUÑO, M. & MUÑOZ, G. 1998. Comparación de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicos y económicos de tilapia roja. Tlapacoyan, Veracruz, Sistema de investigación del Golfo de México, 4 p.

HEPHER, B., 1988. Nutrición de peces comerciales en estanques, Fish and Aquaculture Research Station, Editorial Limusa, Dor, Israel, 406 p.

JAUNCEY, K., Y ROSS, B., 1982. A guide to tilapia feed and feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 62p.

JARAMILLO, D. 1988. Alimentación de peces: requerimientos, cálculo de raciones, materias primas y dietas. Centro de investigación piscícola. Manizales, Colombia, Universidad de Caldas, 35 p.

KUBARIK, J., 1997. Tilapia on highly flexible diets. *Feed International*, 6: 16-18.

KUEHL, R. 2001. *Diseño de Experimentos. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones*, 2da. Edición. Editorial Matemáticas Thomson. México, D.F, pp. 97-98.

LÓPEZ, J.N. 1997. *Nutrición acuícola*. San Juan de Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 211 p.

LOZANO, D. Y LÓPEZ, F. 2001. *Manual de Piscicultura de la Región Amazónica Ecuatoriana*, Impresiones Mosaico, Quito, Ecuador. pp. 96-103.

MARCILLO, E. & LANDÍVAR, J. 2000. *Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia*. Guayaquil, Ecuador, ESPOL, 61 p.

MONTAÑO, M. 2003. *Utilización de la simbiosis Azolla-Anabaena en el cultivo del arroz*. Proyecto *Azolla-Anabaena*, PROMSA-ESPOL 2003, Guayaquil, Ecuador.

MOORE, D. 1997. *The active practice of statistics: a textbook for multimedia learning*, Freeman and Company, Washington, United States. pp 2-12.

MORALES, A. 1991. *La tilapia en México, biología cultivo y pesquería*. AGT. Edit. S.A. México.

NICOVITA. 2001. Manual crianza de tilapia. Perú, pp.20-46.

OLVERA, M. 1997. Utilization of torula yeast (*Candida utilis*) as protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*), *Aquaculture Nutrition*, 8 (4), pp. 257 – 264.

PETERS, G.A., KAPLAN, D., MEEKS, J.C., BUZBY, K.M., MARSH, B.H. & CORBIN, J.L. 1985. Aspects of nitrogen and carbon interchange in the azolla-anabaena symbiosis. En: *Nitrogen fixation and CO<sub>2</sub> metabolism*. Elsevier science publishing Co., California, USA, pp. 213-222.

PETERS, G.A. & MEEKS, J.C. 1989. The Azolla-Anabaena symbiosis: basic biology. En: *Annu. Rev. Plant physiology. Plant Mol. Biol.* Annual reviews Inc. Richmond, USA, 40:193-210.

RUMP, H. Y KRIST, H. 1992. Standard Method. Laboratory manual for the examination of water, waste water and soil. V.C.H. Second edition, Alabama.

SUQUILANDA, M.B. 1996. Agricultura orgánica: alternativa tecnológica del futuro. Cayambe, Ecuador, Ediciones UPS, 510 p.

TACON, A., 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados, Manual de Capacitación. Proyecto Aquilla II, Documento de Campo No. 4, FAO, 572 p.

VAN HOVE, C. 1989. Azolla and its multiple uses with emphasis on Africa. FAO, Louvain-la Neuve, Belgium, 53 p.

WATANABE, I. 1982. Azolla-anabaena symbiosis – its physiology and use in tropical agriculture. In: microbiology of tropical soils and plant productivity (eds.) Y.R. Dommergues and H.G. Dlem, Dr. W. Junk publishers, London, pp.169-185.

WATANABE, I. 2000. Biological nitrogen fixation and its use in agriculture (outline). Based from lecture in Cantho University, 1-19.

**Enlaces de internet consultados:**

<http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1989-1/articulo326.html>

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1601/texto/isla.htm>

<http://www.condesan.org/publicaciones/bgris/colombia/colombia2.html>

[http://www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina\\_n3.htm](http://www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n3.htm)

<http://ganagricola.hypermart.net/aguascalidas.htm>

<http://www.geocities.com/senacds/piscicultura.html>

<http://www.grupoese.com.ni/1999/bn/03/ssanta/ss2299.htm>

<http://www.isch.edu.cu/biblioteca/Anuari02/MORFOFISIOLOGIA%20DE%20LOS%20PECES%20TELEOSTEOS%20DE%20AGUA%20DULCE.htm>

<http://www.google.com.ec/search?q=cache:pUtZpvjZF4sJ:www.fao.org/rice2004/es/ric e3.htm+azolla+para+peces&hl=es>

[http://www.google.com.ec/search?q=cache:KA2Tod9Xe\\_QJ:www.encolombia.com/vet erinaria/sintesis-porcina-nov99.html+azolla+para+peces&hl=es](http://www.google.com.ec/search?q=cache:KA2Tod9Xe_QJ:www.encolombia.com/vet erinaria/sintesis-porcina-nov99.html+azolla+para+peces&hl=es)

<http://www.google.com.ec/search?q=cache:yAYezbeK9PEJ:www.desarrollo- rural.hn/docs/lamoderniza/capitulo.html+aspectos+nutricionales+azolla&hl=es>

<http://www.google.com.ec/search?q=cache:mB1SphVBF0UJ:www.sian.info.ve/porci nos/publicaciones/rccpn/REV31/MARIDIA2.htm+azolla+para+peces&hl=es>

[http://www.google.com.ec/search?q=cache:qXBpmVGmcqoJ:www.artropica.com/datab ase/plantas/gestores/detalle\\_planta.asp%3Fid%3D77+azolla+para+peces&hl=es](http://www.google.com.ec/search?q=cache:qXBpmVGmcqoJ:www.artropica.com/datab ase/plantas/gestores/detalle_planta.asp%3Fid%3D77+azolla+para+peces&hl=es)

[http://www.google.com.ec/search?q=cache:BY8TNdK3NAEJ:www.aquaplant.cl/utilida des/base\\_plantas/Basedatos/013.html+azolla+para+peces&hl=es](http://www.google.com.ec/search?q=cache:BY8TNdK3NAEJ:www.aquaplant.cl/utilida des/base_plantas/Basedatos/013.html+azolla+para+peces&hl=es)

<http://www.google.com.ec/search?q=cache:YUXnPX0lxQsJ:www.e- campo.com/sections/news/print.php/uuid.0B2E9094-1D33-44D4- 86D68EE805D90474/+concepto+dms+coordenadas&hl=es>

<http://www.google.com.ec/search?q=cache:v4wzdJTVUwAJ:www.calle.com/world/EC/10/Jigual.html+jigual+provincia+del+guayas&hl=es>

<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt1801/texto/niveles.htm>

## **ANEXOS**

Anexo 1. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para los pesos promedio entre tratamientos

Día 0				
	Difference	std. err.	Prob	
D2 - D1	0	0	0	0
D3 - D1	0	0	0	0
D3 - D2	0	0	0	0

Día 7				
	Difference	std. err.	Prob	
D2 - D1	271.667	3.078	0.693433	
D3 - D1	1.95	3.078	0.823499	
D3 - D2	-0.766667	3.078	0.96962	

Día 14				
	Difference	std. err.	Prob	
D2 - D1	212.667	2.648	0.736095	
D3 - D1	0.0833333	2.648	0.999505	
D3 - D2	-204.333	2.648	0.752817	

Día 28				
	Difference	std. err.	Prob	
D2 - D1	610.667	1.463	0.0168336	
D3 - D1	326.667	1.463	0.163069	
D3 - D2	-2.84	1.463	0.231915	

Anexo I. Resultados del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para los pesos promedio entre tratamientos.

Día 42			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	911.333	3.691	0.122021
D3 - D1	784.333	3.691	0.185738
D3 - D2	-1.27	3.691	0.943061

Día 56			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	911.333	3.691	0.122021
D3 - D1	784.333	3.691	0.185738
D3 - D2	-1.27	3.691	0.943061

Día 70			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	555.333	5.342	0.608416
D3 - D1	115.733	5.342	0.176604
D3 - D2	6.02	5.342	0.56212

Día 84			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	3658	2982	0.511012
D3 - D1	953.333	2982	0.999995
D3 - D2	-3648.47	2982	0.512615

Día 98			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	2.66	5.419	0.888585
D3 - D1	11	5.419	0.208362
D3 - D2	8.34	5.419	0.368528

Anexo I. Resultado del análisis Anova de una sola vía con el método Scheffe para los pesos promedio entre tratamientos.

Día 112			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	2.66	5.419	0.888585
D3 - D1	11	5.419	0.208362
D3 - D2	8.34	5.419	0.368528

Día 126			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-0.833333	5.965	0.990304
D3 - D1	143.833	5.965	0.130986
D3 - D2	152.167	5.965	0.11039

Día 140			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-683.333	7.758	0.694308
D3 - D1	130.867	7.758	0.312066
D3 - D2	19.92	7.758	0.108145

Anexo II. Resultado del análisis Anova de una sola vía con el método de Scheffe para las longitudes entre tratamientos.

Día 0			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	0	0	0
D3 - D1	0	0	0
D3 - D2	0	0	0

Día 7			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-180.667	3.348	0.867484
D3 - D1	0.323333	3.348	0.995352
D3 - D2	2.13	3.348	0.822162

Día 14			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-1.59	3.264	0.890153
D3 - D1	-0.313333	3.264	0.995406
D3 - D2	127.667	3.264	0.927248

Día 28			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	17.91	12.71	0.424009
D3 - D1	1.42	12.71	0.993782
D3 - D2	-16.49	12.71	0.476086

Día 42			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-0.24	2.852	0.996469
D3 - D1	-0.103333	2.852	0.999344
D3 - D2	0.136667	2.852	0.998853

Anexo II. Resultado del análisis Anova de una sola vía con el método de Scheffe para las longitudes entre tratamientos.

Día 56			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	304.333	2.576	0.533926
D3 - D1	280.333	2.576	0.582478
D3 - D2	-0.24	2.576	0.995672

Día 70			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	128.333	2.928	0.909768
D3 - D1	296.333	2.928	0.623173
D3 - D2	1.68	2.928	0.851904

Día 84			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	0.233333	3.73	0.998045
D3 - D1	413.333	3.73	0.571946
D3 - D2	3.9	3.73	0.605166

Día 98			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-0.9	3.363	0.96503
D3 - D1	326.667	3.363	0.645241
D3 - D2	416.667	3.363	0.504904

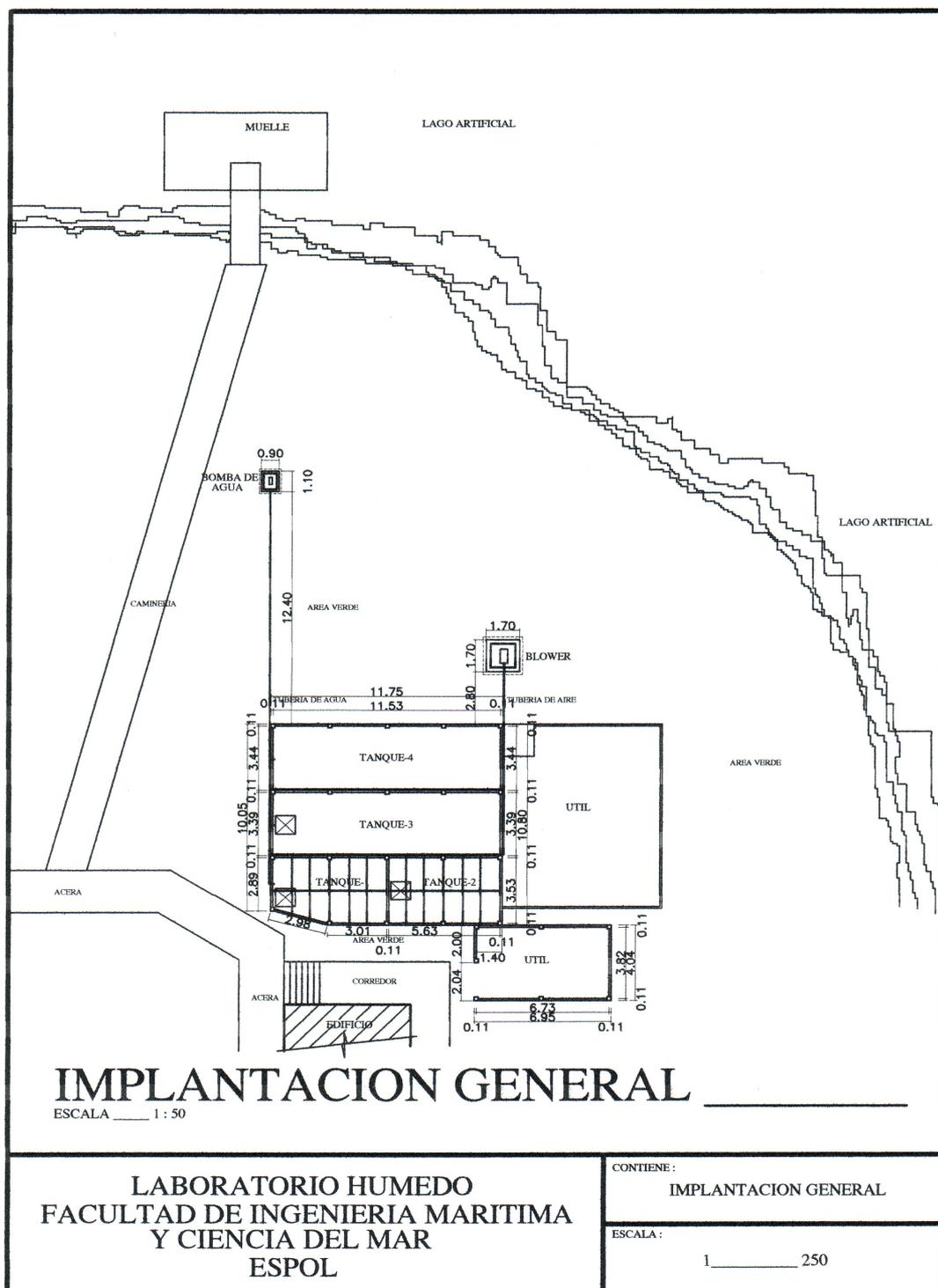
Día 112			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	0.333333	3.255	0.994774
D3 - D1	566.667	3.255	0.29321
D3 - D2	533.333	3.255	0.329683

Anexo II. Resultado del análisis Anova de una sola vía con el método de Scheffe para las longitudes entre tratamientos.

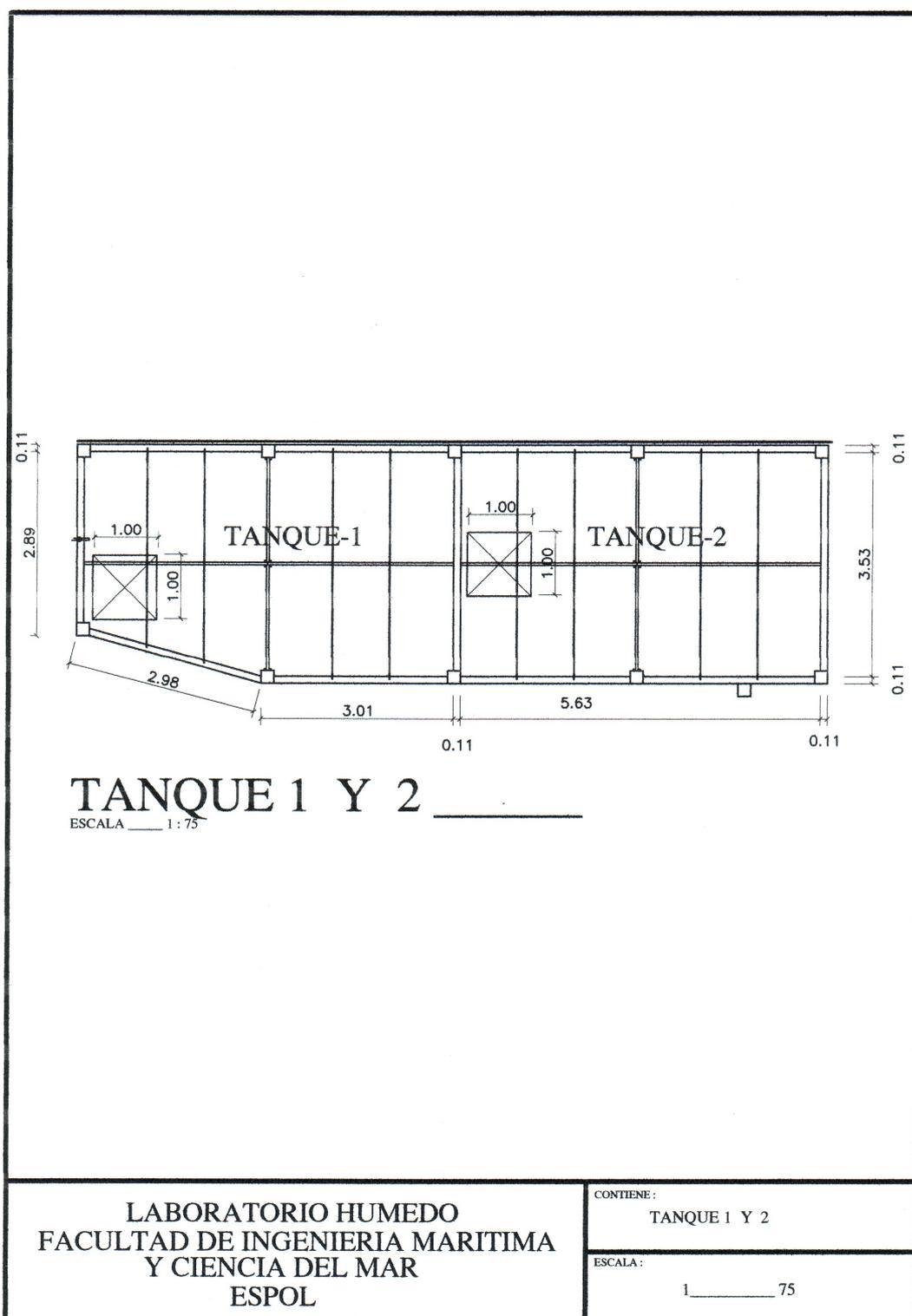
Día 126			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	0.333333	3.255	0.994774
D3 - D1	566.667	3.255	0.29321
D3 - D2	533.333	3.255	0.329683

Día 140			
	Difference	std. err.	Prob
D2 - D1	-233.333	3.906	0.840889
D3 - D1	-0.333333	3.906	0.996368
D3 - D2	2	3.906	0.879602

Anexo III. Laboratorio Húmedo de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencia del Mar. Implantación General



Anexo IV. Laboratorio Húmedo de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencia del Mar. Tanques 1 y 2.



## Anexo V. Estadísticas de la exportación de la tilapia en Ecuador

## La venta de tilapia

Estadísticas de la exportación del producto ecuatoriano

Año	Libras	Dólares
1993	21 730,74	32 555
1994	88 499,26	157 618
1995	689 457,79	1 352 720
1996	2 116 647,48	3 661 375
1997	1 941 708,06	3 555 292
1998	1 668 547,10	2 877 739
1999	4 434 656,52	10 101 692
2000	7 599 686,10	22 801 850
2001	11 373 890,75	32 719 948
2002	15 219 326,03	41 525 578
2003	21 443 302,04	57 091 858
2004	16 047 133,49	45 274 019

FUENTE: CNA; EL COMERCIO