

**EVALUACIÓN DE LA GANANCIA DE PESO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA
DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN LA ETAPA DE ENGORDE 2
ALIMENTADA CON DIFERENTES RELACIONES PROTEÍNA:GRASA.**

INGRID V. SÁNCHEZ SEQUEIRA

**Práctica de Especialidad presentada a la Escuela de Agronomía como
requisito parcial para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en
Agronomía**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2006

**EVALUACIÓN DE LA GANANCIA DE PESO Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA
DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN LA ETAPA DE ENGORDE 2
ALIMENTADA CON DIFERENTES RELACIONES PROTEÍNA:GRASA.**

INGRID V SÁNCHEZ SEQUEIRA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Biol. Roberto Gallardo Lorfa, MAE

Asesor

Ing. Agr. Felipe Vaquerano Pineda, Lic.

Asesor Externo

Ing. Agr. Gilda Muñoz Gómez, Licda.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, M.Sc

Director de Escuela de Agronomía

2006

DEDICATORIA

Cuando pienso en ti, imagino un roble,
grande y fuerte, lleno de vida.
Haz sido mi fuente de inspiración,
la columna vertebral de mi existir.
Eres el regalo más hermoso
que Dios me pudo hacer,
a ti Madre mía dedico este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Sé que caminas junto a mí, sé que me escuchas y me entiendes, haz llenado mi vida de bendiciones y sin ti no soy nadie. Gracias Diosito por siempre cuidar de mi, eres mi único padre.

A la empresa AQUACORPORACION INTERNACIONAL S.A. por haberme abierto las puertas y a todos sus colaboradores que de una o de otra forma no sólo me ayudaron durante mi período de práctica sino que me enseñaron a ser mejor persona.

A quienes con su entrega, dedicación y paciencia marcaron mi vida con sus enseñanzas, por siempre... mis Profesores.

Al Señor Roberto Gallardo, más que un Profesor un amigo, gracias por creer en mi y apoyarme.

A la Señora Gilda Muñoz por su paciencia y por una lección de vida que nunca olvidaré.

Al Señor Ramón y todos los colaboradores del comedor, eternamente gracias.

A Doña Eli, Heidi y Martita, mi trabajo en la biblioteca tomaba sentido al ver la dedicación con la cual ustedes trabajan. Anita, ya no estás pero no hay quien no te recuerde con cariño, gracias por ser como fuiste.

A mis compañeros, por haber sido tal y como fueron, por todos los momentos que de corazón compartimos, les deseo lo mejor del mundo.

Luis Alonso, más que mi novio eres mi mejor amigo, mi compañero del alma, hemos crecido juntos y solo espero que todos nuestros sueños se hagan realidad.
Te Amo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
ANEXOS.....	viii
RESUMEN.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General	2
1.2 Objetivos Específicos	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades sobre el Cultivo de la Tilapia	3
2.2 Tipos de Cultivo	3
2.3 Factores físico - químicos	4
2.3.1 Temperatura	4
2.3.3 Oxígeno	4
2.3.4 pH.....	5
2.3.5 Amonio	5
2.4 Sanidad	5
2.5 Hábitos Alimenticios.....	6
2.6 Requerimientos de Proteína.....	6
2.7 Requerimientos de Grasa	9
2.8 Generalidades sobre la producción de tilapia en Costa Rica	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización del estudio	13
3.2 Período de Trabajo.....	13
3.3 Desarrollo de las labores.....	13
3.3.1 Preparación de las jaulas para la siembra.....	13
3.3.2 Siembra de las Tilapias	14

3.3.3 Toma de Datos o Medición de Variables	14
3.3.4 Elaboración del Alimento	14
3.3.5 Muestreos.....	15
3.4 Descripción de la prueba.....	15
3.4.1 Facilidades y ubicación.....	15
3.4.2 Población a evaluar	16
3.4.3 Tratamientos.....	16
3.4.4 Asignación de Tratamientos.....	16
3.4.5 Medición de Variables	17
3.4.5.1 Oxígeno Disuelto y Temperatura	17
3.4.5.2 Mortalidad.....	17
3.4.5.3 Amonio y pH.....	17
3.4.5.4 Peso inicial y Peso Final.....	18
3.4.5.5 Ganancia de Peso	18
3.4.5.6 Consumo de Alimento	18
3.4.5.7 Conversión Alimenticia	19
3.4.6 Análisis de los Datos	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1 Comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura y mortalidad durante el período de acostumbramiento.	20
4.1.2 Promedio de temperatura y oxígeno disuelto durante el período de acostumbramiento en los bloques experimentales.....	20
4.1.2 Mortalidad durante el período de acostumbramiento.....	21
4.2 Comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH y mortalidad durante el período de experimentación.	23
4.2.1 Promedios de temperatura y oxígeno disuelto durante el período de experimentación en los bloques a prueba.	23
4.2.3 Amonio y pH.....	24
4.2.4 Mortalidad durante el período de experimentación.....	25
4.3 Diferencias entre los tratamientos en relación a los parámetros productivos.	27

4.3.1 Ganancia de peso por tratamiento aplicado.	28
4.3.2 Conversión alimenticia por tratamiento aplicado.	28
5. CONCLUSIONES	30
6. RECOMENDACIONES	31
7. LITERATURA CITADA	32
8. ANEXOS.....	34

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Requerimientos de proteína para el cultivo de la tilapia.....	7
2	Requerimientos de aminoácidos esenciales para <i>O. niloticus</i>	8
3	Hectáreas en producción según especie cultivada Costa Rica: 2000-2004.....	11
4	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de los bloques A, B y C durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	21
5	Mortalidad por batería durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	22
6	Promedio de temperatura y O ₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería A. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	23
7	Promedio de temperatura y O ₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería B. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	24
8	Promedio de temperatura y O ₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería C. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	24
9	Promedio de amonio y pH durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	25
10	Comparación de efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	27

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Distribución de tratamientos y repeticiones para la evaluación de los parámetros productivos de la tilapia en la etapa de engorde 2. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	16
2	Mortalidad por batería durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	22
3	Mortalidad por batería durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	26
4	Mortalidad por tratamiento en el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	26

ANEXOS

Número	Título	Página
1	Tabla ATA (American Tilapia Association).....	35
2	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas del bloque A durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	36
3	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas del bloque B durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	37
4	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas del bloque C durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	38
5	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la madrugada por jaula por bloque durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	39
6	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la mañana por jaula por bloque durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	40
7	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la tarde por jaula por bloque durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	41
8	Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la noche por jaula por bloque durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	42

9	Mortalidad por bloque por jaula durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	43
10	Ganancia diaria y total de las jaulas sometidas al tratamiento 1. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	44
11	Ganancia diaria y total de las jaulas sometidas al tratamiento 2. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	45
12	Conversión alimenticia de las jaulas sometidas al tratamiento 1. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	46
13	Conversión alimenticia de las jaulas sometidas al tratamiento 2. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	47
14	Tabla de Alimentación (Cultivo semi-intensivo intensivo). ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.....	48

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la empresa AQUACORPORACIÓN INTERNACIONAL S.A. (ACI S.A.) ubicada en Paso Hondo de Cañas, Guanacaste; el mismo se desarrolló durante los meses de Julio a Noviembre del 2004. El objetivo principal del trabajo fue conocer sobre el manejo experimental del cultivo intensivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) a través de la evaluación de dos tipos de alimento con diferente relación proteína:grasa para la etapa de engorde II.

El estudio se llevó a cabo en tres baterías de 12 jaulas cada una (unidades experimentales) de 6 metros de largo por 3 metros de ancho y 1.5 metros de profundidad, con malla de 1 pulgada de luz, ubicadas en el Reservorio de la finca. Se utilizaron peces de 350 gramos sembrados a una densidad de 35 peces por metro cuadrado, para un total de 22680 peces (630 peces por unidad experimental). Las relaciones proteína:grasa utilizadas fueron para el tratamiento uno 7,8:1 y para el tratamiento dos 4,1:1.

Durante todo el período de prueba se controló la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, factores ambientales que se mantuvieron dentro de los rangos óptimos requeridos por la especie, la mortalidad otro de los parámetros bajo control se vio afectada principalmente por el manipuleo que conllevaron los muestreos realizados. Los muestreos se realizaron una vez al mes a partir del mes de agosto, con los mismos se determinaba la ganancia diaria de peso de los peces por jaula. El cálculo de la ración se hizo semanalmente tomando en cuenta la población por jaula y su peso estimado.

Para determinar la eficiencia productiva de los tratamientos utilizados se calculó al final de la prueba la conversión alimenticia y la ganancia de peso total, los resultados obtenidos no muestran diferencias significativas entre tratamientos.

Palabras claves: tilapia (*Oreochromis niloticus*), cultivo intensivo, tipos de alimento, baterías, jaulas, ganancia de peso, conversión alimenticia.

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación representa entre el 50 y el 60% del costo de producción del cultivo de la tilapia. El manejo del alimento, la técnica de alimentación, la cantidad suministrada y principalmente la calidad del alimento definen el éxito de la actividad.

En cuanto a la calidad nutricional, las deficiencias o sobrantes de proteína y/o grasa en la dieta pueden acarrear problemas de rendimiento y mal aprovechamiento de los demás nutrientes. El rendimiento puede ser mejorado elevando el aprovechamiento de la fracción proteica de la dieta, lo cual depende de la cantidad de proteína asimilable dentro de la misma y la cantidad de energía disponible para convertir la proteína en carne mediante los procesos naturales de crecimiento muscular.

La grasa es el principal nutriente involucrado en el aporte directo de energía para los requerimientos metabólicos, inclusive antes que los carbohidratos que son menos aprovechados por los peces. Cuando la cantidad de grasa es mayor a la necesaria para metabolizar la proteína en carne se produce una acumulación del excedente en los tejidos. Si la acumulación de grasa intramuscular es alta los procesos de rancidez oxidativa reducen la vida útil del filete y si la acumulación de grasa visceral es también alta se reduce el rendimiento por un elevado peso de los órganos no aprovechables.

Contrariamente, si la cantidad de grasa es menor a la necesaria para transformar la proteína en carne, el faltante energético se suplirá con desdoblamiento de proteínas sacrificando la producción de carne potencial, lo que significa un menor rendimiento y un mayor costo por unidad producida. De lo anterior se deriva la importancia de establecer un adecuado balance proteína:energía para cada una de las etapas de desarrollo del cultivo de la tilapia.

1.1 Objetivo General

Aprender sobre el manejo experimental del cultivo intensivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) a través de la evaluación de dos tipos de alimento con diferente relación proteína:grasa para la etapa de engorde II.

1.2 Objetivos Específicos

- a) Describir el comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura y mortalidad durante el período de acostumbramiento.
- b) Describir el comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH y mortalidad durante el período de experimentación.
- c) Determinar si existen diferencias entre los tratamientos en relación con los parámetros productivos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre el Cultivo de la Tilapia

La tilapia posee características que la convierten en un cultivo de fácil adaptación al medio, posee alta resistencia a las enfermedades y logra sobrevivir en condiciones adversas tales como: baja concentración de oxígeno disuelto, altas concentraciones de salinidad, agua turbia o alto contenido de sólidos en suspensión. Alcanza tallas comerciales en poco tiempo debido a que su crecimiento es rápido e ininterrumpido, así mismo se ajusta a todo tipo de alimentación ya sea natural o artificial (Jiménez M et al. 1994).

Sus cualidades productivas permiten obtener de su cultivar un producto higiénico de alta calidad y de bajo costo; por lo antes mencionado la tilapia se ha distribuido mundialmente. Sin embargo, no todas sus características son positivas, la misma es una especie de madurez sexual temprana, alto índice productivo y baja mortalidad lo cual provoca un deterioro en el medio de otras especies, del cual no es originaria, provocando desequilibrios ecológicos (Jiménez M et al. 1994).

2.2 Tipos de Cultivo

Berman (1997) citado por Pizarro (2002), menciona que en los sistemas extensivos se trabaja en estanques de tierra con una superficie de 1000 a 2000 m² con una densidad de siembra de 0,5 -1,5 peces/m². En los sistemas semi-intensivos el área de los estanques es de 100 - 1000 m² con un recambio de agua frecuente. Nicovita (sf) en su Manual de Crianza de Tilapia, dice que en el sistema intensivo se utilizan estanques de 500 a 1000 m² con recambios de agua de 250 a 600 litros por segundo, las densidades de siembra va entre los 80 a los 150 peces por metro cúbico, bajo este último sistema se pueden producir entre 200 a 400 toneladas de pez por metro cúbico por año.

2.3 Factores físico - químicos

El éxito de la producción acuícola depende del buen manejo, control de la calidad y cantidad de agua que se introduzca en el sistema, por lo anterior es indispensable controlar los parámetros físico - químicos antes de iniciar con la producción del cultivo de la tilapia (Jiménez M et al. 1994).

2.3.1 Temperatura

Bajo los 20° C de temperatura la actividad y el consumo de alimento por parte de las tilapias se reduce, a los 16° C su consumo se detiene. La tilapia nilotica cesa su movimiento bajo los 10° C y de 6 a 7° C pierde su habilidad de mantener su cuerpo en posición normal, sin embargo cuando solo se ven expuestas a estas temperaturas por pocas horas poseen la capacidad de recuperarse (Pullin 1982).

Los rangos de temperatura máximos para el cultivo de la tilapia se encuentran entre los 38-42 °C, la óptima entre 20-35 °C, la mínima entre 8-10 °C y la temperatura para el crecimiento entre 25-32 °C (Jiménez M et al. 1994).

2.3.3 Oxígeno

Jiménez M et al. (1994), afirma que la solubilidad del oxígeno en el agua se ve afectada por la temperatura, la presión atmosférica, las sales disueltas y la profundidad; asimismo señala que la fotosíntesis es la fuente primaria de oxígeno disuelto en el agua y que el oxígeno del aire es una fuente secundaria debido a que su difusión es lenta.

Losordo (1997) citado por Pizarro (2002), afirma que la concentración de oxígeno disuelto debe mantenerse en 5 mg O₂ /l a una temperatura de 28° C para que el cultivo de la tilapia alcance tasas de crecimiento aceptables.

Cuando la concentración de oxígeno en el agua no es adecuada para los peces, éstos son susceptibles de ser atacados por enfermedades, asimismo a concentraciones por debajo de 3 mg/l de oxígeno, por tiempos prolongados, los peces no comen ni crecen (Jiménez M et al. 1994, pp27).

2.3.4 pH

El pH del agua se ve afectado por el bióxido de carbono, la fotosíntesis, la alcalinidad y la dureza del agua. El pH adecuado para la producción acuícola debe mantenerse cercano al neutro, debajo de 4 produce muerte ácida y por encima de él muerte alcalina. En términos generales, se estipula que el pH máximo es de 9, el óptimo entre 7 y 8 y el mínimo de 6. Los valores de pH son manejables dentro de un sistema de producción, el mismo se puede aumentar añadiendo cal o disminuir aplicando fertilizantes que produzcan residuos ácidos como el sulfato de amonio (Jiménez M et al. 1994).

2.3.5 Amonio

El amonio que se presenta en el sistema se debe al subproducto del metabolismo de los peces, a la descomposición de la materia orgánica y a la muerte del fitoplancton. El amonio excretado existe en el agua en equilibrio entre el amoniaco no ionizado tóxico para los peces y los iones de amonio no tóxicos. La toxicidad del amonio no ionizado depende de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, entre más baja su concentración más alta su toxicidad (Pullin 1982).

El aumento en la concentración de amoniaco en el agua provoca incremento en los niveles de amonio y el pH en la sangre, desestabiliza la membrana, afecta la permeabilidad de los peces al agua y daña sus branquias (Jiménez M et al. 1994).

2.4 Sanidad

En un ambiente natural los peces presentan poca susceptibilidad a las enfermedades. Sin embargo bajo cultivo, éstas se ven favorecidas debido a que los organismos están sometidos a altas densidades, cambios repentinos en las características del agua, stress causado por el mal manejo, alguna deficiencia nutricional por falta de alimento natural y competencia extraespecífica, entre los más importantes (Jiménez M et al. 1994).

Entre las enfermedades más comunes en la tilapia se encuentran: Hidropesía infecciosa, Furunculosis, Dactylogyrosis, Triconidiásis, Saprolegniásis, Lerneasis, Argulosis y Branchiomycosis o pudrición de las branquias (Jiménez M et al. 1994).

En la finca AQUACORPORACIÓN INTERNACIONAL S.A. el porcentaje de mortalidad por estanque aceptado es de un tres por ciento (Pineda 2004).

2.5 Hábitos Alimenticios

Todas las tilapias son más o menos herbívoras, pero algunas prefieren plantas más altas mientras que otras se adaptan a la alimentación con plancton. Si los hábitos alimenticios de una especie no se conocen, pueden ser determinados examinando las branquias, y si las tienen numerosas largas, cercanas una de la otra, indican que se alimenta de plancton; lo opuesto indica que el pez consume partículas grandes de alimento. Algunas tilapias son relativamente omnívoras y pueden alimentarse complementariamente con vegetales y en algunos casos aceptan alimento animal, si no hay nada más disponible; otras son sólo herbívoras. Algunas se alimentan de micrófitos y son lo suficientemente voraces como para funcionar bien como controles biológicos de algas marinas, mientras que otras son inútiles para esto (Bardach y Ryther 1986).

Por su parte, la tilapia nilótica se caracteriza por ser consumidora de plancton, omnívora y consumidora de plantas altas, tanto así que se le podría utilizar como controladora de hierbas acuáticas (Bardach y Ryther 1986).

2.6 Requerimientos de Proteína

La proteína en la dieta de los peces es considerada el componente nutricional más importante; la misma es requerida en las funciones de restauración de tejidos desgastados, catabolismo, anabolismo y crecimiento. Los requerimientos proteicos de los peces por unidad de peso ganado es muy similar al requerimiento de las aves; según la NRC (1993) los valores netos de retención o conservación de proteína para los animales monogástricos terrestres y para los peces se encuentran entre el 20 y el 50% (Beveridge et al sf).

Pizarro 2002, menciona que las proteínas no sólo son el nutrimento primario y más importante de una formulación completa de alimento para peces sino que también representan entre el 65% y el 85% de la materia seca de las canales de los mismos.

Beveridge (sf), afirma que el nivel de proteína en la dieta que origina un máximo crecimiento se ve influenciado por los siguientes factores:

- Estado fisiológico del animal (edad, peso, madurez).
- Energía contenida en la dieta.
- Calidad de la proteína (niveles y disponibilidad de los aminoácidos esenciales).
- Consumo de alimento.
- Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).

Los requerimientos de proteína para la tilapia según su peso son los siguientes:

Cuadro 1. Requerimientos de proteína para el cultivo de la tilapia.

RANGO DE PESO (g)	NIVEL OPTMO DE PROTEINA (%)
Larva a 0,5	40-45%
0,5 a 10	40-35%
30 a 250	30-35%
250 a talla de mercado	25-30%

Fuente: Manual de Crianza de Tilapia, Nicovita sf.

De la Higuera (1987) citado por Pizarro (2002), establece que es importante al establecer la concentración óptima de proteína en la dieta, para obtener un máximo crecimiento, conocer su digestibilidad y contenido de aminoácidos esenciales. Los aminoácidos se clasifican en dos grandes grupos a saber: los esenciales y los no esenciales, los primeros son aquellos que no pueden ser sintetizados por el organismo y por ende se deben de incluir en la dieta de los

animales. El Cuadro 2 resume los requerimientos de aminoácidos esenciales para la *Oreochromis niloticus*, según Schmittou (1994) citado por Pizarro (2002).

Cuadro 2. Requerimientos de aminoácidos esenciales para *O. niloticus*.

Aminoácido	% de la dieta
Arginina	1,34
Histidina	0,54
Isoleucina	0,99
Leucina	1,09
Lisina	1,63
Metionina + cistina	1,02
Fenilalanina + tirosina	1,82
Treonina	1,15
Triptofano	0,32
Valina	0,90

Fuente: Schmittou 1994.

Según Tacon 1989, los requerimientos proteínicos dietéticos en peces fueron investigados primeramente en el salmón “chinook” (*Oncorhynchus tshawytscha*) por DeLong et al. En las pruebas realizadas los peces fueron alimentados con una dieta balanceada, conteniendo niveles graduales de proteína de alta calidad durante un período de diez semanas, se tomó como requerimiento aquel que diera lugar al crecimiento óptimo, los resultados apuntaron que a un nivel de 35% de proteína en la dieta se da la máxima respuesta en el crecimiento por unidad de proteína.

Los requerimientos proteicos en la dieta, normalmente se expresan como un porcentaje fijo o como una proporción proteína a energía, más de 30 especies de peces y camarones han sido examinadas de esta manera y los resultados muestran una gran uniformidad en cuanto a los requerimientos de proteína en la dieta, fluctuando en un rango de 24 a 57%, equivalente al 30-70% del contenido energético grueso de la dieta en forma de proteína (Tacon 1989).

2.7 Requerimientos de Grasa

Los lípidos son una fuente importante de energía metabólica (ATP), de todos los nutrientes los mismos son los compuestos más energéticos, el valor energético global comparativo es:

Lípidos 9,5 Kcal/g - Proteínas 5,6 Kcal/g – Carbohidratos 4,1 Kcal/g.

Por lo tanto, los lípidos se utilizan como principal fuente de energía y los demás nutrientes son exclusivos para el crecimiento; los ácidos grasos libres, derivados de los triglicéridos (grasas y aceites) representan la principal fuente de combustible aeróbico para el metabolismo energético del músculo del pez (Tacon 1989).

Como fuente de ácidos grasos esenciales se recomienda para tilapia utilizar niveles de 0,5 a 1% de omega 3 y 1% de omega 6, las grasas requeridas para los peces son polinsaturadas, livianas y fácilmente asimilables (Tacon 1989).

Los lípidos en el alimento de las tilapias logran proveer hasta 2,25 veces más energía que la proteína. La relación proteína:grasa es crucial para cualquier dieta, un exceso de grasas en el alimento contamina el agua y un nivel insuficiente afecta el crecimiento. Para niveles de 40% de proteína se recomienda niveles de grasa de 6 a 8%, con 35% de proteína el nivel de grasa recomendado es de 4,5 a 6% y con niveles de 25 a 30% se recomienda de 3 a 3,5% de grasa (Nicovita sf).

Beveridge et al. (sf), mencionan que las tilapias no son capaces de utilizar altos niveles de energía como lo son capaces los salmones y las carpas. Viola y Amidan (1980) citado por Beveridge et al. (sf) reportan que la adición de 5% de lípidos (grasa) en la dieta de híbridos de *O. aureus* x *O. niloticus* dio como consecuencia acumulación de grasa visceral.

Para maximizar la utilización de la proteína, niveles entre un 6 y un 12% parecen óptimos, tentativamente se sugiere que los niveles de grasa en la dieta disminuyen

de 12 a un 8%, en dietas para tilapias con un peso superior a los 25 gramos de peso vivo, hasta un 8 a 6% en dietas para peces más grandes (Tacon 1989).

Entre las características de los lípidos se encuentran:

- Son componentes esenciales de todas las membranas celulares y subcelulares.
- Sirven como vehículo biológico en la absorción de vitaminas liposolubles A, E y K.
- Son fuente de ácidos grasos esenciales, mismos que son indispensables para el mantenimiento e integridad de las membranas celulares.
- Son un colchón mecánico para el soporte de los órganos vitales y ayudan en el mantenimiento de la flotabilidad neutra.
- Son fuente de esteroides esenciales (Tacon 1989).

2.8 Generalidades sobre la producción de tilapia en Costa Rica

En los últimos 15 años la acuicultura en Costa Rica ha adquirido una mayor importancia, no sólo como una alternativa de producción de proteína de origen acuático sino que desde el punto de vista empresarial también (Otorola y Ramírez 2005).

Actualmente, la acuicultura en nuestro país está dominada por la de tipo continental de agua dulce, con énfasis en el cultivo de peces, específicamente trucha y tilapia. En el año 2004 se produjeron 18 mil toneladas de tilapia, destinadas al mercado interno e internacional (Otorola y Ramírez 2005).

El número de productores acuícolas ha venido en aumento, presentándose para el año 2004 a escala nacional 1146 productores acuícolas, de los cuales 68,41% son productores de tilapia, un 23,30% productores de trucha, un 7,85% de camarón y un 0,44% de otros tales como langostino y bagre de canal.

En cuanto a las hectáreas en producción el cuadro siguiente muestra la cantidad de hectáreas dedicadas a la actividad acuícola y su aumento, desde del año 2000 y hasta el 2004.

Cuadro 3. Hectáreas en producción según especie cultivada Costa Rica: 2000-2004.

Especie	2000	2001	2002	2003	2004
Tilapia	95	110	219	222,3	420
Trucha	5,1	5,2	5,7	6,5	6,75
Camarón	1000	1400	1650	1448	1500
Langostino	7	7	5	5	5
Gran Total	1107,1	1522,2	1879,7	1681,8	1931,75

Fuente: Departamento de Acuicultura, INCOPECA, Base de Datos 2005 (Otorola y Ramírez, 2005).

Tal y como lo muestran los porcentajes de producción anteriores, la actividad más importante en Costa Rica a nivel de acuicultura continental es el cultivo de la tilapia; lo anterior gracias al clima tropical del país y a su rica red hidrográfica que facilita el trabajo con esta especie.

Ésta actividad se esta desarrollando industrialmente con empresas de capital extranjero y nacional, cuyo mercado meta es el de los Estados Unidos principalmente. La mayoría de estas empresas se encuentran ubicadas en la provincia de Guanacaste, en las zonas de Cañas, Bagaces y Liberia, las que aprovechan la infraestructura del proyecto de Riego Arenal Tempisque y la buena calidad del agua del lago Arenal. La producción se da en dos tipos de sistemas: intensivo y semintensivo (Otorola y Ramírez 2005).

A nivel de empresa la Compañía Aquacorporación Internacional S.A. es considerada una de las más importantes del mundo. Propiedad del gobierno británico la misma inició sus operaciones en nuestro país en el año 1986. En la

actualidad, su marca Rain Forest caracterizada por su calidad, es líder en los Estados Unidos y mantiene a Costa Rica como uno de los mayores proveedores de Tilapia fresca en el mercado estadounidense (Pizarro 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El trabajo se llevó a cabo en la empresa AQUACORPORACIÓN INTERNACIONAL S.A. ubicada en Paso Hondo de Cañas, Guanacaste. Ésta se encuentra a 90 msnm, posee una temperatura promedio anual de 25,5° C, una humedad relativa de 99,54% y una precipitación anual promedio de 1560,7 mm.

3.2 Período de Trabajo

La práctica se llevó a cabo del 12 de julio al 15 de diciembre del 2004. La prueba desarrollada se dividió en dos períodos, un período de acostumbramiento y un período de experimentación; el primero se desarrollo del 14 de julio al 01 de setiembre y el segundo del 02 de setiembre al 30 de noviembre.

3.3 Descripción de la prueba

Las labores llevadas a cabo durante el período de práctica implicaron todas aquellas que se dan cada vez que se desarrolla una prueba o experimento por parte del Departamento de Investigación y Desarrollo en las baterías o unidades experimentales.

3.3.1 Preparación de las jaulas para la siembra

Los marcos con jaulas se encuentran dentro del reservorio de agua de la empresa, cuando no se encuentra en período de prueba la estructura permanece sin malla, por lo que la primera labor realizada fue la colocación de una malla de 1 pulgada de luz, en cada una de las jaulas. Para llevar a cabo esta labor es necesario meterse dentro del agua ya que las baterías se extienden a lo largo del reservorio. Durante el proceso de colocación de la malla se determina si alguno de los estañones vacíos que le dan flotabilidad a las estructuras se encuentra dañado, de ser así la estructura en ciertas partes se hunde, por lo que es indispensable cambiar el estañon o sellarlo con silicón. Una vez finalizada esta labor se procedió a la siembra.

3.3.2 Siembra de las Tilapias

En la finca, el ciclo productivo de la especie no se cumple en un solo estanque, los estanques de la misma se encuentran seccionados o distribuidos por etapas. El Departamento de Pesca es el encargado de trasladar los peces de un estanque a otro, el supervisor a cargo lleva el registro de fechas de siembra, edad y peso promedio de las poblaciones. Para llevar a cabo la siembra de las jaulas se solicitó a este departamento que hiciera el traslado, tomado en cuenta que la población requerida debía de poseer un peso promedio de 350 gramos por individuo, peso de inicio de etapa de engorde II.

Para la siembra de las jaulas se contó con la ayuda del equipo de trabajo encargado del manejo de los alevines. El proceso de siembra se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Expulsión de los peces de la tanqueta a jaula individual flotante.
- Traslado de animales de jaula individual a jaulas de experimentación, por medio de canasteo.
- Pesado de canastas.
- Conteo de individuos por canasta.

Por medio de la labor de conteo se aseguro que la población de todas las jaulas en estudio fuese de 630 individuos, además permitió calcular el peso promedio de los individuos por jaula.

3.3.3 Toma de Datos o Medición de Variables

Las variables medidas fueron las siguientes:

- O₂ Disuelto y Temperatura.
- Consumo de Alimento.
- Amonio.
- Peso Inicial y Final.
- Mortalidad.
- Ganancia de Peso.

3.3.4 Elaboración del Alimento

Los alimentos fueron elaborados por Proveedor de Concentrados S.A. ubicada en el Coyol de Alajuela. La primera etapa de elaboración de los alimentos se

presenció y se participó en la ejecución de las siguientes pruebas: determinación del % de humedad, % flotación y tamaño de pellet, las mismas determinan si el alimento es apto para su consumo.

3.3.5 Muestreos

Durante el período de acostumbramiento se llevó a cabo un muestro, una vez iniciado el período de experimentación se llevaron a cabo tres muestreos más, uno por mes. Para llevar a cabo los muestreos se contó nuevamente con la colaboración del equipo de trabajo encargado del manejo de los alevines. La metodología utilizada para la realización de esta tarea es sencilla, posterior a la elección de las jaulas por muestrear se procedía al canasteo de los peces, cada canasta era pesada y su contenido contado uno a uno, los datos se anotaban para después ser tabulados.

3.3.6 Cosecha

La cosecha marcó el final de las labores llevadas a cabo dentro la finca, la misma se realizó durante los días 29 y 30 de noviembre del 2004. La metodología utilizada fue la misma que para los muestreos con la diferencia que a las últimas cuatro canastas de cada jaula se les determinó la talla, la talla hace referencia al peso por individuo.

3.4 Descripción de la prueba

La prueba se basó en evaluar dos distintos tipos de alimento con el mismo porcentaje de proteína y diferente porcentaje de grasa.

3.4.1 Facilidades y ubicación

El estudio se corrió en tres baterías de 12 jaulas cada una (unidades experimentales) de 6 metros de largo por 3 metros de ancho y 1,5 metros de profundidad, con malla de una pulgada de luz, ubicadas en el Reservorio de la Finca.

3.4.2 Población a evaluar

Se utilizaron peces de 350 gramos sembrados a una densidad de 35 peces por metro cuadrado, para un total de 22 680 peces (630 peces por unidad experimental).

3.4.3 Tratamientos

Se probarán dos tratamientos:

Tratamiento	%Proteína %Grasa	Relación Proteína:Grasa	Tipo de Alimento
T1	35% - 4,5%	7,8:1	35-55-2
T2	35% - 8,5%	4,1:1	35-55-2

En cuanto al tipo de alimento, el primer número se refiere al porcentaje de proteína, el segundo al tamaño del pellet en milímetros (5 x 5) y el último a la premezcla o receta de minerales y vitaminas que se agregan al alimento o ración.

3.4.4 Asignación de Tratamientos



Figura 1. Distribución de tratamientos y repeticiones para la evaluación de los parámetros productivos de la tilapia en la etapa de engorde 2. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

3.4.5 Medición de Variables

La medición de las variables se realizó de modo continuo desde el inicio del período de acostumbramiento y hasta el final del período de experimentación; a continuación el detalle de las mismas.

3.4.5.1 Oxígeno Disuelto y Temperatura

El instrumento utilizado para la medición del oxígeno disuelto y la temperatura se denomina Oxigenómetro. Durante el período de acostumbramiento sólo se llevaron a cabo dos mediciones, una toma en la mañana y otra en la tarde.

Durante el período de experimentación el control diario de estos parámetros se llevó a cabo en el siguiente horario:

Madrugada	1 - 3 a.m.
Mañana 1	6 - 8 a.m.
Mañana 2	9 - 11 a.m.
Tarde 1	12 - 2 p.m.
Tarde 2	3 - 5 p.m.
Noche	7 - 9 p.m.

3.4.5.2 Mortalidad

El horario de recolección de la mortalidad era en las mañanas, posterior a la primera toma de datos de O₂ disuelto y temperatura, jaula por jaula era recolectada para ser pesada y contada.

3.4.5.3 Amonio y pH

Estos parámetros se midieron dos veces por semana una vez iniciado el período de experimentación, se recolectaban muestras de cada una de las baterías, la muestra se constituía con porciones de agua de cada jaula. El instrumento utilizado para llevar a cabo el análisis de amonio fue el espectrofotómetro.

3.4.5.4 Peso inicial y Peso Final

La metodología utilizada durante las labores de siembra y cosecha permitieron calcular el peso inicial y final de los individuos en estudio.

3.4.5.5 Ganancia de Peso

Muestreos mensuales para determinar el crecimiento de los peces (utilizando nueve unidades experimentales diferentes cada vez, a razón de tres jaulas por batería). Durante el período de acostumbramiento se llevó a cabo un muestro, una vez iniciado el período de experimentación se llevaron a cabo tres muestreos más, uno por mes. Para llevar a cabo los muestreos se contó con la colaboración del equipo de trabajo encargado del manejo de los alevines. La metodología utilizada se describe en la sección 3.3.5 Muestreos.

3.4.5.6 Consumo de Alimento

Se ofrecieron cuatro alimentaciones diarias, procurando un mismo horario. Semana a semana a partir del período de experimentación, la ración de alimento se calculó, haciendo uso de la Tabla ATA (Anexo 1), tomando en cuenta el peso promedio, la ganancia diaria y la población por jaula.

El horario de alimentación se distribuyó de acuerdo con las tomas de datos de temperatura y oxígeno de las mañanas (1 y 2) y tardes (1 y 2), o sea que la ración era proporcionada en cuatro tandas. El alimento se mantuvo almacenado en sacos de 46 kilos en el laboratorio del Departamento de Investigación y Desarrollo, allí mismo se alistaban las 36 raciones, 1 ración por jaula; por lo general y debido a que la primera ración se ofrecía a las seis de la mañana el mismo se preparaba el día anterior. Aproximadamente se necesitaron 18 000 Kg de alimento.

3.4.5.7 Conversión Alimenticia

La conversión alimenticia se calculó utilizando la fórmula siguiente: kilogramos de alimento consumido / ganancia de peso total.

3.4.6 Análisis de los Datos

Para comparar el efecto de los dos tratamientos sobre los parámetros de productividad se utilizó una prueba de T con un nivel de significancia del 5%.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La prueba llevada a cabo se dividió en dos períodos: acostumbramiento y experimentación, por lo tanto los resultados obtenidos de la medición de las variables en dichos períodos se presentan en dos partes; posteriormente, se muestran los resultados obtenidos de la comparación de los tratamientos en cuanto a parámetros de productividad.

4.1 Comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura y mortalidad durante el período de acostumbramiento.

En los Anexos se puede observar el detalle de las variables por jaula por batería.

4.1.2 Promedio de temperatura y oxígeno disuelto durante el período de acostumbramiento en los bloques experimentales.

El Cuadro 4 muestra en resumen el comportamiento promedio de la temperatura y el oxígeno en los bloques experimentales durante el período de acostumbramiento para la mañana y la tarde. Ambos parámetros son superiores en horas de la tarde, en promedio la temperatura presenta un aumento de 1,16 °C y el O₂ disuelto 1,65 mg/l. La variación de la temperatura entre los bloques para la mañana fue de 0,12 °C, para la tarde de 0,2 °C; en cuanto al oxígeno disuelto este presentó una variación entre bloques de 0,33 mg/l para la mañana y 1,66 mg/l para la tarde.

Cuadro 4. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las baterías A, B y C durante el período de acostumbramiento. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BATERÍA	MAÑANA		TARDE	
	TEMP (°C)	O ₂ (mg/l)	TEMP (°C)	O ₂ (mg/l)
A	27,75	5,73	28,74	7,22
B	27,64	5,94	28,96	7,59
C	27,82	6,23	29,01	8,05
PROMEDIO	27,74	5,97	28,90	7,62

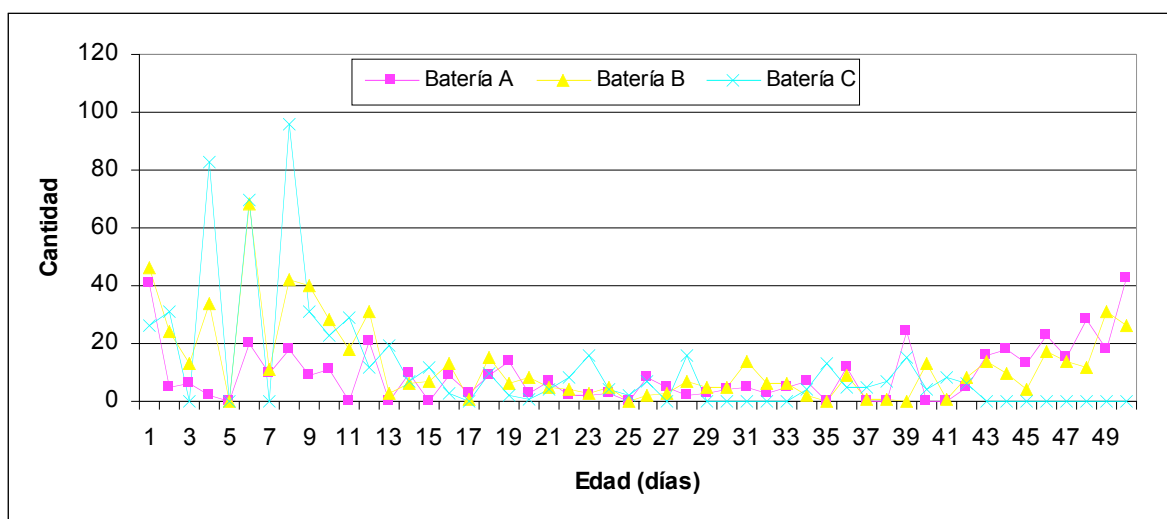
El rango de temperatura óptima para el cultivo de la tilapia se encuentra entre los 38-42°C, (Jiménez M et al. 1994), por su parte la concentración de oxígeno disuelto debe mantenerse en 5 mg O₂/l a una temperatura promedio de 28°C para que el cultivo logre alcanzar tasas de crecimiento deseables (Losordo 1997, citado por Pizarro 2002) , de comparar los resultados obtenidos durante el período de acostumbramiento con los recomendados por la literatura se afirma que el comportamiento de los parámetros O₂ y temperatura se mantuvieron dentro de los rangos óptimos requeridos por la especie.

4.1.2 Mortalidad durante el período de acostumbramiento

Durante este período se sustituyeron dos veces (el 10 y el 31 de agosto) los peces muertos, las sustituciones se hicieron con la finalidad de que al iniciar el período de experimentación cada jaula contase con la misma población de (630 peces), el Cuadro 5 muestra la mortalidad total durante el período y la Figura 2 el comportamiento de la misma a través del tiempo.

**Cuadro 5. Mortalidad por batería durante el período de acostumbramiento.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.**

JAULA	MORTALIDAD		
	#	BATERÍA A	BATERÍA B
1	31	86	44
2	17	51	40
3	20	99	37
4	28	38	46
5	46	51	66
6	34	47	83
7	34	81	88
8	71	56	34
9	52	28	28
10	43	49	35
11	35	27	40
12	51	29	38
TOTAL	462	642	579
%	6,11	8,49	7,65



**Figura 2. Mortalidad por batería durante el período de acostumbramiento.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.**

Los parámetros físico químicos requeridos por la especie durante el período de acostumbramiento fueron normales, la salud de la población utilizada también era normal, por lo anterior se cree que la mortalidad es consecuencia del estrés que el traslado, siembra y muestreos provocaron. A pesar de que se utilizó una solución de cloro de olor con el fin de adormecer a los peces facilitando su manipulación, fue imposible evitar ciertos daños físicos y en general su estrés, este último se reflejaba en su consumo el cual decrecía posterior a los muestreos.

4.2 Comportamiento por batería de las variables oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH y mortalidad durante el período de experimentación.

En los Anexos se puede observar el detalle de las variables oxígeno disuelto, temperatura y mortalidad por jaula por batería.

4.2.1 Promedios de temperatura y oxígeno disuelto durante el período de experimentación en los baterías a prueba.

Los valores se mantienen constantes a lo largo de los 3 meses de prueba y las diferencias entre los bloques es insignificante. Las temperaturas más altas se registran en las horas de la noche, el promedio general para los 3 bloques fue de 30,68 °C, mientras que para el oxígeno disuelto fue de 7,77 mg/l alcanzado en las tardes.

Cuadro 6. Promedio de temperatura y O₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería A. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

HORA	TEMP (°C)	O ₂ (mg/l)
MADRUGADA	29,98	5,04
MAÑANA 1 y 2	28,91	5,67
TARDE 1 y 2	30,05	7,51
NOCHE	30,92	5,65

Cuadro 7. Promedio de temperatura y O₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería B. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

HORA	TEMP (°C)	O ₂ (mg/l)
MADRUGADA	29,75	5,53
MAÑANA 1 y 2	28,69	5,99
TARDE 1 y 2	29,60	7,72
NOCHE	30,79	6,12

Cuadro 8. Promedio de temperatura y O₂ disuelto alcanzados a distintas horas durante el período de experimentación por la batería C. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

HORA	TEMP (°C)	O ₂ (mg/l)
MADRUGADA	29,77	5,85
MAÑANA 1 y 2	28,78	6,17
TARDE 1 y 2	29,79	8,08
NOCHE	30,33	6,74

En general, la temperatura se mantuvo a toda hora por encima de los 28° C, rango de temperatura óptima para el crecimiento de las tilapias según lo recomendado por Losordo (1997) citado por Pizarro (2002), en cuanto al O₂ disuelto este siempre fue superior a los 3 mg/lit, rango en el que la tilapia cesa su consumo afectándose su crecimiento.

4.2.3 Amonio y pH

Si los valores de amonio obtenidos se encuentran por debajo de 1, quiere decir que el mismo no es tóxico (Pineda 2004). Según Jiménez et al.(1994), el pH adecuado para la producción acuícola debe mantenerse cercano al neutro, debajo de 4 produce muerte ácida y por encima de él muerte alcalina. Las mediciones realizadas durante el período de prueba resultaron siempre dentro del rango

óptimo. El Cuadro 6 muestra los promedios alcanzados durante el período de prueba para ambos parámetros.

**Cuadro 9. Promedio de amonio y pH durante el período de experimentación.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.**

BATERÍA	AMONIO			pH		
	A	B	C	A	B	C
PROMEDIO	0,17	0,21	0,16	7,81	7,80	7,80

4.2.4 Mortalidad durante el período de experimentación.

Durante este período no se dio incidencia de ninguna enfermedad, sin embargo, tal y como se mencionó anteriormente, la mortalidad de las tilapias durante la prueba sí se vio afectada por la manipulación que las mismas recibieron producto de los muestreos.

Pareciera que para el período de experimentación la misma es superior al período anterior sin embargo hay que recordar que la duración de ambos períodos es distinta, el período de experimentación duró más de 3 meses mientras que el de acostumbramiento 50 días. La Figura 3 muestra el comportamiento de esta variable a través del tiempo durante el período de experimentación para cada una de las baterías.

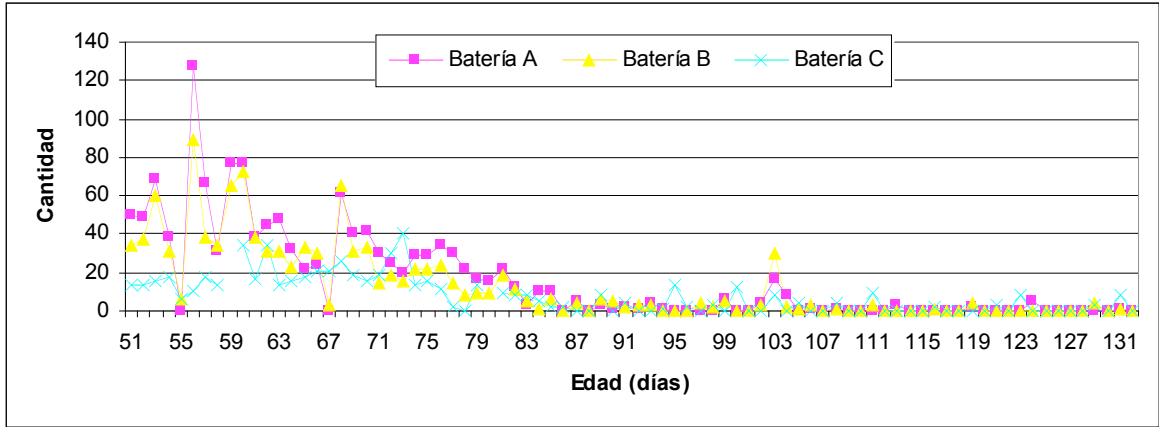


Figura 3. Mortalidad por batería durante el período de experimentación.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

La mortalidad total por tratamiento durante el período de experimentación fue de 1580 peces para el tratamiento 1 y 1501 para el tratamiento 2, 13.93% y 13,23% respectivamente, para el cálculo se tomó como base una población de 11 340 peces por tratamiento. La Figura 4 muestra la mortalidad por tratamiento a lo largo del período de experimentación.

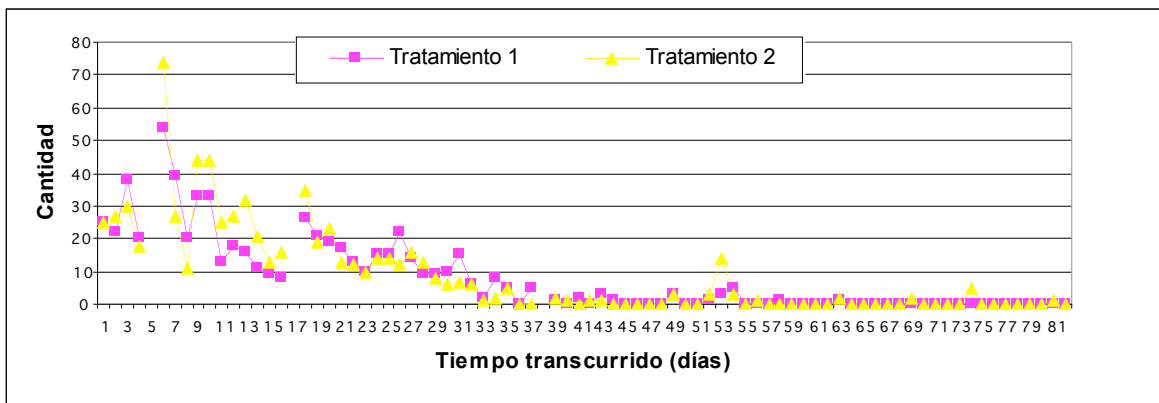


Figura 4. Mortalidad por tratamiento en el período de experimentación.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

La mortalidad con la que se trabaja en la finca para los estanques es del 3% (Pineda 2004), los valores obtenidos durante ambos períodos de la prueba sobrepasan este valor, sin embargo las condiciones donde se desarrolla el cultivo son distintas por lo que dicho parámetro no es útil para realizar la comparación.

4.3 Diferencias entre los tratamientos en relación a los parámetros productivos.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a los parámetros productivos evaluados. El Cuadro 10 muestra el efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos.

Cuadro 10. Comparación de efecto de los tratamientos sobre los parámetros productivos. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

PARÁMETRO PRODUCTIVO	TRATAMIENTO	# MUESTRAS	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR	ERROR MEDIO ESTANDAR
Kg Alimento					
Consumido	1	18	502.62	21.48	5.06
	2	18	500.95	20.02	4.72
Ganancia de Peso					
Diaria (g)	1	18	3.97	0.66	0.15
	2	18	3.91	0.50	0.12
Ganancia de Peso					
Total (g)	1	18	534.01	101.21	23.86
	2	18	521.64	76.35	18.00
Conversión					
Alimenticia	1	18	0,0010637	0.20	0.05
	2	18	0,0010449	0.17	0.04

4.3.1 Ganancia de peso por tratamiento aplicado.

Las tilapias que fueron sometidas al tratamiento 1, el cual contenía 4,5% de grasa, obtuvieron una ganancia de peso diaria y total superior a las sometidas al tratamiento 2 el cual contenía 8,5% de grasa.

La población sometida al tratamiento 1 obtuvo 0,06 gramos más de ganancia diaria y 12,38 gramos más de ganancia de peso total que las alimentadas con el tratamiento 2.

Con la prueba se pretendía encontrar la relación proteína:grasa que produjese la mayor ganancia de peso, sin embargo, la diferencia entre los tratamientos es mínima (0,012 Kg), sin embargo, es importante recordar que estudios anteriores sugieren ciertas relaciones proteína:grasa con el fin de obtener la máxima producción de carne, tal es el caso de la recomendación hecha por Nicovita (sf) la cual asegura que con 35% de proteína el nivel de grasa recomendado es de 4,5 a 6%.

La edad a la cosecha no es la misma para ambos tratamientos debido a que la siembra no se realizó el mismo día, las jaulas B3, B7 y las del bloque C se sembraron 14 días después que las del bloque A y demás del bloque B; una diferencia como esta evidentemente afecta los resultados finales.

4.3.2 Conversión alimenticia por tratamiento aplicado.

No es sabido el dato exacto sobre cual debe ser la conversión alimenticia para las tilapias de peso entre los 800 a 900 gramos sometidas a dietas con relaciones de proteína:grasa iguales o semejantes a las utilizadas, sin embargo, las mismas se encuentran por debajo de la recomendada por la tabla de alimentación del Manual de Crianza de Tilapia (Anexo 14), la cual sugiere una conversión de 1,65 gramos en tilapias de 683 gramos de peso promedio.

Con respecto a los resultados obtenidos, el tratamiento 2 requiere de menos gramos de alimento para producir un gramo de peso en el pez, lo anterior en términos de eficiencia se podría ver positivamente pero la diferencia es mínima, su ganancia de peso es inferior al tratamiento 1 y su costo mayor.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó este trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

1. La temperatura y el oxígeno disuelto durante ambos períodos de la prueba se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la especie, quedando descartada la posibilidad de que estos factores afectaran los parámetros productivos evaluados.
2. El amonio y el pH del agua siempre se encontraron dentro de los rangos óptimos por lo que no es posible que estos hayan afectado la mortalidad.
3. Aunque la tilapia es una especie rústica y tolerante, el manipuleo durante los muestreos afectó su sobrevivencia.
4. Al evaluar estadísticamente por medio de la prueba T los dos tratamientos, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia.

6. RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó este estudio se presentan las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda llevar a cabo la siembra de los bloques experimentales el mismo día.
2. Muestrear 3 jaulas por bloque en una prueba que evalúa dos tratamientos, da como resultado que se muestree una jaula menos por tratamiento, lo recomendable sería muestrear la misma cantidad de jaulas por tratamiento, por ejemplo 2 jaulas por tratamiento por bloque.
3. La duración del período de acostumbramiento no debería de exceder el mes.
4. Los alimentos que se van a probar deben de estar listos antes de iniciar la prueba.

7. LITERATURA CITADA

Bardach J y Ryther J. 1986. Acuicultura Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce. México: AGT Editor S.A.

Berman Y. 1997. Producción Intensiva de la Tilapia en agua fluyente. Aquacorporación Internacional. Cañas, Costa Rica.

In: Alston, D. E.; Green, B. W.; Clifford, H. C. IV Symposium on Aquaculture in Central America: focusing on shrimp and tilapia. Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras and te Latin American Chapter of the World Aquaculture Society, 22 – 24 April 1997, Honduras.

Beveridge et al. sf. Tilapias: Biology and Exploitation. Stirling, Scotland. Kluwer Academic Publishers. Fish and Fisheries Series Volume 25.

Cramton E. et al. 1982. Fundamentos de Nutrición y Alimentación en Acuicultura. Zaragoza, España: Acribia.

Jauncey K. A Guide to Tilapia Feeds. Scotland: Institute of Aquaculture, University of Stirling.

Jiménez M et al. 1994. México, D. F: Secretaría de Pesca.

Pizarro Aguilar C. 2002. Efecto de Diferentes Niveles de Grasa en la Nutrición de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Jaulas Flotantes. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia). Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía Escuela de Zootecnia.

Otarola A y Ramírez R. 2005. Visión del Sector Acuícola Costarricense. San José, Costa Rica. INCOPECA.

Pullin R. 1982. The Biology and Culture of Tilapias. Manila, Philippines: Internacional Center for Living Acuatic Resources Management Common Walth Scienti.

Ramos H. A. 1979. Fundamentos de Piscicultura Agrícola. Manizales, Colombia. Publicación del Comité de Cafetaleros de Risaralda.

Tacon G. J. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados, Manual de Capacitación. Brasilia, Barasil. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Vaquerano Pineda F. 2004. Aquacorporación Internacional. Cañas, Costa Rica. (Comunicación personal)

www.nicovita.com Manual de Crianza de Tilapia.

8. ANEXOS

Anexo 1. Tabla ATA (American Tilapia Association)

Peso (g)	SGR	FCR	%BWD	Peso (g)	SGR	FCR	%BWD
0.5		1.04	14.8	309	1.4	1.7	2.3
1		1.05	14.6	337	1.2	1.73	2.1
3	13.5	1.07	14.4	365	1.1	1.73	2
5	8.5	1.12	9.5	393	1.1	1.73	1.9
7	6	1.17	7	422	1	1.73	1.8
10	5.4	1.21	6.5	451	0.9	1.73	1.6
13	5.1	1.21	6.2	480	0.9	1.74	1.5
17	4.7	1.21	5.7	509	0.8	1.74	1.5
22	4.8	1.21	5.8	538	0.8	1.75	1.4
29	4.5	1.25	5.6	567	0.7	1.85	1.4
37	3.9	1.28	5	596	0.7	1.87	1.3
46	3.6	1.3	4.7	625	0.7	1.89	1.3
56	3.5	1.32	4.6	654	0.6	1.89	1.2
69	3.3	1.38	4.6	683	0.6	1.95	1.2
83	3.2	1.39	4.4	712	0.6	2	1.2
100	3.1	1.4	4.4	741	0.6	2.05	1.2
120	2.6	1.46	3.8	770	0.5	2.1	1.1
140	2.4	1.51	3.6	799	0.5	2.15	1.1
162	2.1	1.65	3.4	828	0.5	2.2	1.1
184	1.9	1.65	3.1	857	0.5	2.25	1.1
207	1.8	1.66	2.9	886	0.5	2.3	1.1
231	1.6	1.68	2.7	915	0.5	2.35	1.1
256	1.5	1.68	2.6	944	0.4	2.4	1.1
282	1.4	1.68	2.4	973	0.4	2.45	1.1
				1002	0.4	2.5	1

Fuente: American Tilapia Association 2004.

BWD: Body Weight Daily (Ganancia de peso diaria)

SGR: Standard Grow Rate (Tasa estandar de crecimiento)

FCR: Factor Conversion Rate (Factor de conversión)

Anexo 2. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas de la batería A durante el período de acostumbramiento.

ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BATERÍA A	MAÑANA		TARDE	
JAULA #	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)
1	27.73	5.70	29.00	7.19
2	27.74	5.69	28.99	7.21
3	27.73	5.70	28.98	7.22
4	27.73	5.67	28.97	7.22
5	27.76	5.76	28.31	7.17
6	27.76	5.76	28.31	7.16
7	27.76	5.77	28.31	7.17
8	27.76	5.75	28.31	7.18
9	27.76	5.74	28.91	7.29
10	27.76	5.72	28.92	7.27
11	27.76	5.75	28.92	7.29
12	27.76	5.73	28.92	7.29
Promedio	27.75	5.73	28.74	7.22
Máxima	27.76	5.77	29.00	7.29
Mínima	27.73	5.67	28.31	7.16

Anexo 3. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas de la batería B durante el período de acostumbramiento.

ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BATERÍA B	MAÑANA		TARDE	
JAULA #	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)
1	27.80	5.90	29.00	7.32
2	27.30	6.07	28.92	7.83
3	27.30	6.09	28.91	7.84
4	27.30	6.08	28.92	7.86
5	27.80	5.89	29.01	7.32
6	27.83	5.83	29.05	7.29
7	27.79	5.90	29.01	7.33
8	27.81	5.90	28.92	7.61
9	27.81	5.88	28.92	7.61
10	27.84	5.82	28.98	7.58
11	27.81	5.86	28.92	7.62
12	27.30	6.08	28.92	7.84
Promedio	27.64	5.94	28.96	7.59
Máxima	27.84	6.09	29.05	7.86
Mínima	27.30	5.82	28.91	7.29

Anexo 4. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto de las jaulas de la batería C durante el período de acostumbramiento.

ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BATERÍA C	MAÑANA		TARDE	
JAULA #	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)	TEMPERATURA (°C)	OXÍGENO (mg/l)
1	27.83	6.18	29.06	7.98
2	27.81	6.45	28.99	8.17
3	27.81	6.45	28.99	8.17
4	27.81	6.46	28.99	8.16
5	27.83	6.19	29.05	7.97
6	27.83	6.17	29.04	7.99
7	27.83	6.17	29.03	7.99
8	27.84	6.06	29.01	7.99
9	27.84	6.05	29.01	8.00
10	27.83	6.06	29.01	8.00
11	27.84	6.05	29.01	8.01
12	27.81	6.46	28.98	8.17
Promedio	27.82	6.23	29.01	8.05
Máxima	27.84	6.46	29.06	8.17
Mínima	27.81	6.05	28.98	7.97

Anexo 5. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la madrugada por jaula por batería durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

MADRUGADA								
Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)
A1	31.77	5.06	B1	29.65	5.41	C1	29.68	5.81
A2	29.59	5.02	B2	29.71	5.89	C2	29.73	5.72
A3	29.40	5.00	B3	29.73	5.36	C3	29.73	5.73
A4	29.44	4.95	B4	29.77	5.35	C4	29.79	5.71
A5	29.46	5.08	B5	29.77	5.41	C5	29.75	6.05
A6	29.48	5.00	B6	29.57	5.97	C6	29.79	6.03
A7	29.77	5.10	B7	29.78	5.41	C7	29.77	5.78
A8	29.53	5.02	B8	29.81	5.62	C8	29.79	5.76
A9	29.51	5.06	B9	29.79	5.42	C9	29.79	5.86
A10	32.44	5.02	B10	29.81	5.41	C10	29.81	5.84
A11	29.54	5.16	B11	29.81	5.59	C11	29.79	5.96
A12	29.79	5.00	B12	29.81	5.52	C12	29.75	5.90
Promedio	29.98	5.04	Promedio	29.75	5.53	Promedio	29.77	5.85

Anexo 6. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la mañana por jaula por batería durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

PROMEDIO MAÑANA 1 Y 2								
Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)
A1	28.79	5.70	B1	28.75	5.87	C1	28.86	6.13
A2	28.79	5.69	B2	28.61	5.99	C2	28.86	6.09
A3	29.78	5.61	B3	28.57	6.22	C3	28.81	6.02
A4	29.78	5.59	B4	28.56	6.18	C4	28.81	6.00
A5	28.66	5.57	B5	28.75	6.11	C5	28.80	6.19
A6	28.77	5.53	B6	28.75	5.83	C6	28.80	6.18
A7	28.74	5.63	B7	28.72	5.83	C7	28.79	6.10
A8	28.73	5.60	B8	28.76	5.86	C8	28.79	6.09
A9	28.75	5.68	B9	28.76	6.13	C9	28.75	6.22
A10	28.75	5.66	B10	28.75	5.91	C10	28.75	6.21
A11	28.69	5.91	B11	28.73	6.02	C11	28.69	6.41
A12	28.69	5.83	B12	28.61	5.99	C12	28.67	6.38
Promedio	28.91	5.67	Promedio	28.69	5.99	Promedio	28.78	6.17

Anexo 7. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la tarde por jaula por batería durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

PROMEDIO TARDE 1 Y 2								
Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)
A1	29.59	7.65	B1	29.65	7.63	C1	29.80	7.97
A2	29.60	7.78	B2	29.65	7.62	C2	29.80	7.96
A3	29.58	7.54	B3	29.78	7.60	C3	29.80	7.95
A4	29.57	7.54	B4	29.75	7.59	C4	29.79	7.95
A5	30.83	7.36	B5	29.62	7.63	C5	29.76	8.28
A6	30.83	7.36	B6	29.62	7.63	C6	29.76	7.99
A7	30.82	7.35	B7	29.42	7.64	C7	29.78	7.95
A8	30.82	7.36	B8	29.41	7.64	C8	29.79	8.02
A9	29.73	7.46	B9	29.50	7.87	C9	29.79	8.11
A10	29.73	7.44	B10	29.50	7.86	C10	29.80	8.11
A11	29.73	7.61	B11	29.68	7.98	C11	29.78	8.33
A12	29.73	7.61	B12	29.68	7.99	C12	29.77	8.33
Promedio	30.05	7.51	Promedio	29.60	7.72	Promedio	29.79	8.08

Anexo 8. Promedios de temperatura y oxígeno disuelto alcanzados en horas de la noche por jaula por batería durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

NOCHE								
Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)	Jaula	TEMP (°C)	O2 (mg/l)
A1	29.88	5.81	B1	30.23	5.88	C1	30.27	6.66
A2	30.19	5.51	B2	30.31	5.79	C2	30.34	6.47
A3	30.27	5.46	B3	30.35	5.98	C3	30.35	6.53
A4	32.72	5.38	B4	30.34	5.90	C4	30.35	6.40
A5	32.97	5.41	B5	32.94	6.04	C5	30.36	6.59
A6	30.36	6.32	B6	30.38	6.03	C6	30.37	6.56
A7	30.34	5.55	B7	30.39	6.07	C7	30.37	6.73
A8	30.38	5.46	B8	32.95	6.06	C8	30.38	6.91
A9	30.38	5.60	B9	30.39	6.55	C9	30.35	6.73
A10	30.36	5.81	B10	30.41	6.25	C10	30.37	7.31
A11	30.39	5.76	B11	30.41	6.50	C11	30.15	6.96
A12	32.83	5.73	B12	30.42	6.46	C12	30.34	6.96
Promedio	30.92	5.65	Promedio	30.79	6.12	Promedio	30.33	6.74

Anexo 9. Mortalidad por batería por jaula durante el período de experimentación. ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

JAULA	MORTALIDAD		
#	BATERÍA A	BATERÍA B	BATERÍA C
1	90	30	34
2	55	50	49
3	121	35	39
4	123	120	44
5	58	63	22
6	146	110	37
7	128	55	35
8	96	111	67
9	141	110	117
10	153	121	87
11	86	139	56
12	113	145	96
TOTAL	1310	1089	683

Anexo 10. Ganancia diaria y total de las jaulas sometidas al tratamiento 1.

ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BLOQUE	JAULA #	PESO INICIAL (Kg)	PESO FINAL (Kg)	EDAD	G D (Kg)	G T (Kg)
A	1	0.281	0.978	139	0.00502	0.697
A	4	0.324	0.859	139	0.00385	0.535
A	5	0.391	1.234	139	0.00607	0.843
A	8	0.362	0.900	139	0.00387	0.538
A	9	0.374	0.852	139	0.00344	0.478
A	12	0.363	0.955	139	0.00426	0.592
B	1	0.300	0.785	139	0.00349	0.485
B	4	0.358	0.869	139	0.00368	0.511
B	5	0.359	0.905	139	0.00392	0.546
B	8	0.378	0.885	139	0.00365	0.507
B	9	0.373	0.906	139	0.00383	0.533
B	12	0.359	0.936	139	0.00415	0.577
C	1	0.362	0.821	125	0.00367	0.459
C	4	0.448	0.846	125	0.00318	0.398
C	5	0.362	0.839	125	0.00382	0.477
C	8	0.358	0.793	125	0.00348	0.435
C	9	0.346	0.859	125	0.00411	0.513
C	12	0.357	0.845	125	0.00390	0.488
PROMEDIO GENERAL		0.3586	0.8926	134.33	0.00397	0.53401
MÍNIMA		0.2810	0.7849	125.00	0.00318	0.39762
MÁXIMA		0.4480	1.2341	139.00	0.00607	0.84305

Anexo 11. Ganancia diaria y total de las jaulas sometidas al tratamiento 2.

ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.

BLOQUE	JAULA #	PESO INICIAL (Kg)	PESO FINAL (Kg)	EDAD	G D (Kg)	G T (Kg)
A	2	0.322	1.034	139	0.00512	0.712
A	3	0.309	0.898	139	0.00423	0.589
A	6	0.309	0.915	139	0.00436	0.606
A	7	0.384	0.796	139	0.00296	0.412
A	10	0.354	0.901	139	0.00394	0.547
A	11	0.372	0.821	139	0.00323	0.449
B	2	0.325	0.863	139	0.00387	0.538
B	3	0.476	0.865	131	0.00297	0.389
B	6	0.357	0.932	139	0.00414	0.575
B	7	0.356	0.876	131	0.00397	0.520
B	10	0.379	0.936	139	0.00401	0.557
B	11	0.378	0.941	139	0.00405	0.563
C	2	0.341	0.831	125	0.00392	0.490
C	3	0.351	0.847	125	0.00397	0.496
C	6	0.355	0.858	125	0.00402	0.503
C	7	0.438	0.883	125	0.00356	0.445
C	10	0.373	0.854	125	0.00384	0.481
C	11	0.361	0.879	125	0.00414	0.518
PROMEDIO GENERAL		0.36333	0.88497	133.44	0.00391	0.52164
MÍNIMA		0.30900	0.79553	125.00	0.00296	0.38933
MÁXIMA		0.47600	1.03382	139.00	0.00512	0.71182

**Anexo 12. Conversión alimenticia de las jaulas sometidas al tratamiento 1.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.**

BLOQUE	JAULA #	ALIM CONS (Kg)	G T (Kg)	CONVERSION ALIMENTICIA
A	1	495.082	0.697	0.00141
A	4	490.083	0.535	0.00109
A	5	533.873	0.843	0.00158
A	8	504.633	0.538	0.00107
A	9	493.971	0.478	0.00097
A	12	511.894	0.592	0.00116
B	1	492.186	0.485	0.00099
B	4	492.801	0.511	0.00104
B	5	510.742	0.546	0.00107
B	8	483.437	0.507	0.00105
B	9	497.771	0.533	0.00107
B	12	477.917	0.577	0.00121
C	1	535.057	0.459	0.00086
C	4	553.855	0.398	0.00072
C	5	522.107	0.477	0.00091
C	8	488.402	0.435	0.00089
C	9	487.951	0.513	0.00105
C	12	475.370	0.488	0.00103

**Anexo 13. Conversión alimenticia de las jaulas sometidas al tratamiento 2.
ACI, SA, Cañas, Gte. 2004.**

BLOQUE	JAULA #	ALIM CONS (Kg)	G T (Kg)	CONVERSION ALIMENTICIA
A	2	525.38	0.712	0.00135
A	3	483.35	0.589	0.00122
A	6	469.22	0.606	0.00129
A	7	497.11	0.412	0.00083
A	10	482.52	0.547	0.00113
A	11	519.97	0.449	0.00086
B	2	507.50	0.538	0.00106
B	3	522.41	0.389	0.00075
B	6	488.88	0.575	0.00118
B	7	496.79	0.520	0.00105
B	10	478.13	0.557	0.00116
B	11	476.69	0.563	0.00118
C	2	508.15	0.490	0.00096
C	3	505.29	0.496	0.00098
C	6	513.80	0.503	0.00098
C	7	545.15	0.445	0.00082
C	10	488.28	0.481	0.00098
C	11	508.41	0.518	0.00102

Anexo 14. Tabla de Alimentación (Cultivo semi-intensivo intensivo)

Edad (Semanas)	Peso Promedio (gramos)	Crecimiento diario (gr/día)	Alimento Diario (% de peso)	Conversión Alimenticia
0	1		15	0.83
1	3	0.27	10	0.85
2	5	0.27	8	0.85
3	7	0.34	5.8	0.86
4	10	0.36	5.7	0.9
5	13	0.46	5.5	0.9
6	17	0.58	5.1	0.9
7	22	0.71	5.1	0.91
8	29	0.93	5	0.95
9	37	1.14	4.5	0.98
10	46	1.29	4.3	0.98
11	56	1.51	4.2	1
12	69	1.79	4.1	1.03
13	83	2.07	4	1.03
14	100	2.43	4	1.1
15	120	2.85	3.5	1.15
16	140	2.86	3.4	1.15
17	162	3.14	3.2	1.25
18	184	3.14	2.9	1.25
19	207	3.29	2.8	1.26
20	231	3.43	2.6	1.28
21	256	3.57	2.4	1.28
22	282	3.71	2.3	1.28
23	309	3.85	2.2	1.3
24	337	4	2.1	1.37
25	355	4	1.9	1.37
26	393	4	1.8	1.37
27	422	4.14	1.7	1.37
28	451	4.14	1.6	1.37
29	480	4.14	1.5	1.34
30	509	4.14	1.4	1.34
31	538	4.14	1.4	1.35
32	567	4.14	1.4	1.45
33	596	4.14	1.3	1.47
34	629	4.14	1.3	1.49
35	654	4.14	1.2	1.49
36	683	4.14	1.1	1.65

Fuente: Manual de Crianza de Tilapia, Nicovita.