

CRECIMIENTO DE DOS RAZAS DE TILAPIA
(Oreochromis sp.) ALIMENTADAS CON
TRES DIETAS DE DIFERENTE NIVEL PROTEICO.

BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 83
TEGUCIGALPA HONDURAS

P O R

Alex E. Alcázar Viteri

TESIS

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION

DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

MICROISIS: 7.452.
FECHA: 1 Julio 1994
ENCARGADO: *Betha Alicia*

EL ZAMORANO, HONDURAS
ABRIL, 1994

CRECIMIENTO DE DOS RAZAS DE TILAPIA (Oreochromis sp.)
ALIMENTADAS CON TRES DIETAS DE DIFERENTE
NIVEL PROTEICO

POR:

ALEX E. ALCIVAR VITERI

El autor concede a la Escuela Agrícola
Panamericana permiso para reproducir y
distribuir copias de este trabajo
para los usos que considere necesarios.
Para otras personas y otros fines,
se reservan los derechos de autor.



ALEX E. ALCIVAR VITERI

Abril de 1994

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta en mi vida.

A mi patria, Ecuador, a la que con mi trabajo espero hacer más grande.

A mis padres, Pedro y Mariana, por ser mis fuentes de inspiración y ejemplos dignos de seguir en mi vida.

A mi abuela Colombia y a mis hermanos: Fabricio, Roberto, Geovanny, Leonardo y Paola, quienes siempre me apoyaron.

A mi familia.

AGRADECIMIENTO

A todos los profesores y otras personas que de alguna u otra manera contribuyeron para mi formación profesional.

A la Fundación Privada "Wilson Popenoe", en especial a su presidente, Ing. Rodolfo Arámbulo, por haber contribuido al financiamiento de mis estudios en la EAP.

Al Dr. Daniel Meyer, por haber dedicado mucho de su parte para la realización de este estudio y por permitirme trabajar en el Proyecto de Acuacultura.

Al Ing. Carlos M. Leyva, por haber ayudado en gran medida a la ejecución de este trabajo investigativo.

Al Dr. Antonio Flores y al Dr. David Teichert-Coddington por haber contribuido al desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Beatriz Murillo y al Ing. Aurelio Revilla, por su colaboración y facilidades prestadas en los laboratorios a su cargo.

A la empresa ALCON S.A., en especial al Ing. Jorge Avendaño, por su gran colaboración para la realización de este estudio.

A la Sra. Juanita de Aystas, Sra. Elizabeth de Chávez y familia, Ing. Marcelo Espinoza y familia, por brindarme su amistad y hospitalidad.

A todos mis colegas y amigos de El Zamorano, por hacer más amena mi estadía en la Escuela durante estos cuatro largos años.

BIBLIOTECA WILSON POPENDR
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
PARTADO 43
TEGUIGALPA HONDURAS

INDICE GENERAL

1.	Introducción.....	1
2.	Revisión de Literatura.....	4
2.1.	Importancia de la tilapia.....	4
2.2.	Cultivo de la tilapia del nilo.....	4
2.3.	Tilapia Roja.....	5
2.4.	Alimentos y Alimentación.....	7
3.	Materiales y Métodos.....	12
3.1.	Localización de los experimentos.....	12
3.2.	Unidades experimentales.....	12
3.3.	Calidad del agua.....	13
3.4.	Peces.....	14
3.5.	Alimentación.....	15
3.6.	Diseño experimental.....	16
3.7.	Variables determinadas.....	17
3.7.1.	Crecimiento.....	17
3.7.2.	Sobrevivencia.....	17
3.7.3.	Facilidad de captura.....	18
3.7.4.	Composición corporal.....	18
3.8.	Análisis estadístico.....	19
3.9.	Análisis económico.....	19
4.	Resultados y Discusión.....	20
4.1.	Análisis del agua.....	20
4.1.1.	Oxígeno disuelto.....	20
4.1.2.	Temperatura.....	24
4.1.3.	pH.....	28
4.1.4.	Penetración de luz.....	28
4.2.	Análisis de las dietas utilizadas.....	29
4.3.	Crecimiento de los peces.....	32
4.3.1.	Peso promedio final y ganancia de peso diaria.....	32
4.3.2.	ICA.....	44
4.3.3.	Sobrevivencia.....	47
4.3.4.	Facilidad de captura.....	48
4.3.5.	Composición corporal.....	50
4.4.	Análisis económico.....	53

5.	Conclusiones.....	57
6.	Recomendaciones.....	58
7.	Resumen.....	59
8.	Bibliografía.....	60
9.	Anexos.....	62

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Resultados del análisis de agua del sistema cerrado de cultivo de tilapias en 12 tanques de fibra de vidrio del laboratorio de cultivos intensivos (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 26
- Cuadro 2. Resultados del análisis de agua del cultivo de tilapias en un sistema de 12 pilas de concreto (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 27
- Cuadro 3. Análisis proximal y estabilidad en el agua de tres dietas peletizadas utilizadas para el cultivo de tilapia, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 31
- Cuadro 4. Comparación de peso inicial, peso final y porcentaje de sobrevivencia en un cultivo de tilapias grises y rojas, alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema cerrado bajo condiciones controladas (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 37
- Cuadro 5. Comparación de peso inicial, peso final y porcentaje de sobrevivencia en un cultivo de tilapias grises y rojas, alimentadas con tres dietas con diferente nivel protéico en las pilas de concreto (Exp. #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 38
- Cuadro 6. Rendimiento neto obtenido en kg/ha y kg/ha/año para el cultivo de tilapias grises y rojas cultivadas en tanques de fibra de vidrio de 0.82 m², durante 58 días en un sistema de laboratorio (Exp. #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 39

Cuadro 7.	Rendimiento neto obtenido en kg/ha y kg/ha/año para el cultivo de tilapias grises y rojas cultivadas en pilas de concreto de 7.5 m ² , durante 91 días (Exp. #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	40
Cuadro 8.	Indices de conversión alimenticia para las tilapias de los Experimentos #1 y #2, alimentados con tres dietas con diferente nivel protéico, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	46
Cuadro 9.	Resultados de mediciones de facilidad de captura realizada a tilapias grises y rojas cultivadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	49
Cuadro 10.	Resultados de análisis de proteína y humedad en filetes de tilapias grises y rojas alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de laboratorio, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	51
Cuadro 11.	Resultados de análisis de proteína y humedad en filetes de tilapias grises y rojas alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	52
Cuadro 12.	Variables medidas en el análisis económico de alimentación de tilapias con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de laboratorio, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	55
Cuadro 13.	Variables medidas en el análisis económico de alimentación de tilapias con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.....	56

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Promedios semanales de las lecturas de oxígeno disuelto en el agua de 12 pilas de concreto (Experimento #2) cultivadas con tilapias de color gris (*Oreochromis niloticus*) y rojo (*Oreochromis* sp.), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 23
- Figura 2. Promedios semanales de las lecturas de temperatura del agua de 12 pilas de concreto (Experimento #2) cultivadas con tilapias de color gris (*Oreochromis niloticus*) y rojo (*Oreochromis* sp.), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 25
- Figura 3. Peso promedio de tilapias grises y rojas cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 34
- Figura 4. Peso promedio de tilapias grises cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 35
- Figura 5. Peso promedio de tilapias rojas cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 36
- Figura 6. Peso promedio de tilapias grises y rojas cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 41

- Figura 7. Peso promedio de tilapias grises cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 42
- Figura 8. Peso promedio de tilapias rojas cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 43

BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
PARTIDO #3
JESUSGALPA HONDURAS

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de peso promedio final, ganancia de peso diaria promedio y sobrevivencia final en el Experimento #1, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 61
- Anexo 2. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de ICA y porcentajes de humedad final y PC final registrados en el Experimento #1, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 62
- Anexo 3. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de peso promedio final, ganancia de peso promedio diaria y sobrevivencia final registradas en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 63
- Anexo 4. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de ICA y porcentajes de humedad final y PC final registrados en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 64
- Anexo 5. Cuadrado medio de los tratamientos y error para la variable de facilidad de captura medida en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993..... 65

1. INTRODUCCION

A lo largo de las últimas dos décadas, la cantidad de peces y otras especies capturadas en los océanos se ha mantenido en niveles relativamente constantes (Hepher y Pruginin, 1989; New, 1991), a pesar que el esfuerzo realizado por la humanidad para aumentarla ha sido cada año mayor. En el futuro será muy difícil lograr incrementos significativos en la captura de peces en los océanos.

La acuicultura presenta una alternativa para la producción de especies acuáticas, las cuales son fuentes de carne de excelente calidad, rica en proteínas, vitaminas y minerales. La acuicultura ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años debido a la alta rentabilidad de los cultivos de exportación, el aumento de la demanda debido a la explosión demográfica mundial y la imposibilidad de cubrir esa demanda con peces y otras especies capturadas en el mar.

La acuicultura en la actualidad, se ha convertido en una gran fuente de empleo y de alimentos que además de ser muy buenos para el mercado interno, son fuentes importantes de divisas para los países exportadores (BCIE, 1989). Las especies de mayor importancia económica cultivadas en el trópico y subtrópico latinoamericano son los camarones penaídos, la tilapia, la carpa, el tambaquí y en ciertas regiones de altura, la trucha (Meyer, 1992).

En varios países de América tales como Estados Unidos, Costa Rica, Jamaica y Colombia, el cultivo comercial de tilapia es una realidad. La producción de filetes es principalmente para el mercado de los Estados Unidos, el cual se incrementa año a año. El mercado europeo de productos pesqueros crece anualmente un 10% (Chamorro y Alvarenga, 1992).

La tilapia del nilo (Oreochromis niloticus) es un pez de origen africano que fue introducido a Honduras en 1981. Esta especie pertenece al orden Perciformes, familia Cichlidae. Este pez ha tenido una amplia utilización en programas de desarrollo rural, debido a que ha mostrado gran adaptación al medio y gran rusticidad, además de tener carne de buena calidad.

La tilapia roja (Oreochromis sp.) es utilizada mayormente en los proyectos comerciales de exportación de estos cíclidos. El origen genético de esta raza es difícil de conocer. Este pez probablemente es una mutación de la tilapia nilótica (O. niloticus) o el producto de la hibridación de dos especies de tilapia. En comparación con la tilapia gris, la tilapia roja presenta un menor índice de crecimiento, menor eficiencia de conversión, menor vigor y mayor susceptibilidad a depredación; esto último se debe a su coloración más vistosa.

El tipo de producto de tilapia que alcanza el mayor precio en los mercados internacionales, es el filete de tilapia sin piel (Chamorro y Alvarenga, 1992). El consumidor final no conoce con certeza el color de tilapia que está adquiriendo. Es difícil justificar el uso de la tilapia roja para la producción comercial. La tilapia gris se adapta mejor a las condiciones artificiales del cultivo.

Los requerimientos de proteína de las especies acuáticas son mucho mayores que los requerimientos de las especies de tierra firme, debido a que las primeras han evolucionado en medios ricos en alimentos altamente protéicos y utilizan aminoácidos preferencialmente para la producción de energía (Jauncey y Ross, 1982). Sin embargo, muchos productores siguen alimentando a sus peces y camarones con el alimento más barato disponible y con mínimas consideraciones nutricionales. Las especies acuáticas en general, necesitan de más proteína en el alimento.

Basado en estos antecedentes, el presente trabajo pretende comparar el crecimiento y sobrevivencia de dos razas de tilapia, cultivadas con tres dietas diferentes y en dos tipos de recipientes (tanques circulares, tanques de concreto); comparar los porcentajes de proteína, grasa y humedad en filetes de dos razas de tilapias cultivadas con dietas con diferentes niveles de proteína y evaluar los costos diferenciales de alimentación para cada tipo de dieta.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de la Tilapia.

Las tilapias, son miembros de la clase Osteichthyes, subclase Actinopterygii, orden Perciformes, suborden Percoidei, familia Cichlidae, siendo Oreochromis su principal género (Balarin y Hatton, 1979; Hepher y Pruginin, 1989; Bocek, 1990). Estos peces son originarios del Africa, de donde se ha reportado la existencia de más de 100 especies (Balarin y Hatton, 1979). El género Oreochromis agrupa a peces adaptados a temperaturas tropicales. En la actualidad, existen 16 especies de tilapia de importancia económica, cultivadas de manera comercial y experimentalmente (Bocek, 1990; Hepher y Pruginin, 1989).

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESQUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 90
TEGUCIGALPA HONDURAS

2.2. Cultivo de Tilapia del nilo (Oreochromis niloticus).

El cultivo de la tilapia del nilo es una actividad que reviste una gran importancia económica y alimenticia en ciertas regiones tropicales y subtropicales del mundo. La producción de esta especie, alcanzó aproximadamente las 325.000 toneladas en 1989 (New, 1991).

El éxito obtenido por el cultivo de Q. niloticus se debe a su fácil adaptación a las condiciones de cautiverio. El pez presenta un rápido crecimiento, alcanzando pesos de 300 a 400 gramos en seis meses (Hepher y Pruginin, 1989).

La tilapia del nilo es una especie que tolera un rango de temperaturas entre 11 y 44 °C. La temperatura óptima para el cultivo de esta especie se encuentra entre los 25 y 30 °C. Esta especie resiste niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua, manipulación severa y enfermedades (Bocek, 1990). Q. niloticus soporta salinidades de hasta 20 partes por mil en el medio acuático (Bocek, 1990).

2.3. Tilapia roja (Oreochromis sp.).

Tilapia roja es el nombre colectivo para un gran número de fenotipos rojos, naranja, dorados y rosados (Galman et al, 1988). Los peces de estos colores son más apetecidos en la mayoría de los mercados de exportación (Tave, 1991). El origen genético de esta raza es difícil de conocer, aunque tentativamente se ha propuesto que es una mutación albina de la Q. mossambicus (Kuo, 1988). Se han reportado peces rojos como productos de hibridación de dos especies de tilapia, tales como Q. urolepis hornorum x Q. mossambicus (Brummett et al, 1988). La mayoría de los investigadores concuerda en que

la tilapia roja se originó de la mutación de una o varias especies de tilapia, o bien, de uno o más cruces interespecíficos dentro del género Oreochromis (Tave, 1991).

En comparación con la tilapia gris, la raza roja presenta un menor índice de crecimiento, menor eficiencia de conversión, menor vigor y mayor susceptibilidad a depredación; esto último se debe a su coloración más vistosa (Meyer, 1993). En Taiwan, se ha reportado que la tilapia roja (presumiblemente mutante de O. mossambicus) presenta el mismo crecimiento, comportamiento reproductivo y alimenticio que O. mossambicus (Kuo, 1988). No se han detectado mayores diferencias anatómicas entre la tilapia roja y la tilapia de color gris. Además, no existe diferencia en el sabor de los peces rojos y los peces de color normal (Tave, 1991).

Actualmente, se sabe que el gen que determina el color de las tilapias se encuentra en un autosoma y que el alelo que determina el color rojo, es dominante sobre el alelo que determina el color normal (Tave, 1991).

La necesidad cada vez mayor de encontrar sustitutos a las especies marinas, tales como el pargo y la corvina roja, ha dado paso al comercio internacional de tilapia roja, en una escala cada vez mayor (Chamorro y Alvarenga, 1992). La tilapia roja (Oreochromis sp.) es utilizada mayormente en los

proyectos comerciales de exportación de estos cíclidos. Es preferido a las tilapias de color normal en muchos mercados (Fitzgerald, 1979; Galbreath y Barnes, 1981, citados por El Gamal y Smitherman, 1988).

2.4. Alimentos y Alimentación.

Para alcanzar su máximo crecimiento potencial, los animales acuáticos y terrestres en general, requieren de alimentos que sirvan tanto para su mantenimiento como para su crecimiento (Hepher y Pruginin, 1989). Los peces de cultivo se desarrollan consumiendo alimentos naturales o artificiales presentes en el medio acuoso. El alimento natural de los estanques consiste en el fitoplancton, zooplancton, bentos y perifiton. El fitoplancton constituye el principal componente autotrófico del sistema. Las algas que transforman los nutrientes minerales disueltos en el agua, en materia orgánica. Los componentes heterotróficos más importantes del sistema son el zooplancton, el bentos y el perifiton (insectos, lombrices, almejas, crustáceos pequeños, etc.) (Hepher y Pruginin, 1989; Bocek 1990). Ellos consumen materia orgánica y liberan nutrientes básicos para sustentar el fitoplancton (Hepher y Pruginin, 1989; Bocek, 1990; Lovell, 1987).

La tilapia es un pez omnívoro aunque la mayor parte de su dieta natural es fitoplancton (Jauncey y Ross, 1982). Los componentes característicos de la dieta de la tilapia (Oreochromis sp.) en su etapa adulta, son material vegetal o detritus de origen vegetal. Las algas verde azules, algas verdes, diatomeas, macrofitas y detritus amorfos son componentes normales de la dieta de estos cíclidos (Jauncey y Ross, 1982; Lovell, 1987). La tilapia puede consumir alimentos de origen animal, pero por lo general no constituyen una proporción importante del total de alimento ingerido (Bowen, 1982, citado por Jauncey y Ross, 1982). Durante su etapa juvenil, la tilapia se alimenta de fitoplancton y de pequeños invertebrados, principalmente crustáceos (Le Roux, 1956; citado por Jauncey y Ross, 1982). La energía y proteína cruda de los materiales vegetales es más digerible por la tilapia (O. niloticus) que para el bagre de canal (Ictalurus punctatus) (Lovell, 1987).

Los requerimientos de proteína de las especies acuáticas son mucho mayores que los requerimientos de las especies de tierra firme. Esto se debe a que las primeras han evolucionado en medios ricos en alimentos altamente protéicos y utilizan aminoácidos preferencialmente para la producción de energía (Jauncey y Ross, 1982; Meyer, 1992). La proteína, además es el principal nutriente para la biosíntesis de los animales en crecimiento y es un importante constituyente de los músculos.

La proteína constituye el 68-85% de la materia seca de los peces (Jauncey y Ross, 1982).

Uno de los principales factores que afectan los requerimientos de proteína en la dieta es la edad (Jauncey y Ross, 1982). El porcentaje de proteína en el alimento que produce el mayor crecimiento de las tilapias decrece a medida que aumenta la edad del pez. Así, tilapias de mayor edad requieren de un menor porcentaje de proteína en la dieta (Jauncey y Ross, 1982; Hepher y Pruginin, 1989; Meyer, 1992). Esto significa que los alimentos concentrados utilizados en las primeras etapas del cultivo deben tener un alto porcentaje de proteína y tendrán un mayor costo. La tilapia se adapta bien a niveles sub-óptimos de proteína en la dieta, aunque se recomienda siempre mantener los niveles óptimos de proteína en la dieta en cultivos comerciales (Jauncey y Ross, 1982).

Los niveles de proteína cruda en las dietas recomendadas para tilapias varían según el tamaño del pez, así, tilapias hasta los 0.50 g de peso requieren dietas con 50% de PC, tilapias entre 0.50-10.0 g requieren 40% de PC en la dieta, tilapias entre 10 y 30 g requieren de dietas con 30-35% PC. El nivel óptimo de proteína para tilapias de más de 35 g es de aproximadamente 24-25% (Jauncey y Ross, 1982). Sin embargo, la tilapia es capaz de utilizar niveles de proteína inferiores al óptimo y crecer relativamente bien (Jauncey y Ross, 1982).

La calidad de proteína, es un aspecto muy importante pero que no ha sido bien estudiado en tilapias, aunque sí se lo ha realizado para otras especies de peces. La investigación acerca de la composición aminoacídica ideal para tilapia no ha sido bien estudiada aún, debido a que este pez ha ganado importancia económica hace relativamente poco tiempo. Los únicos requerimientos cualitativos obtenidos para una especie de tilapia han sido para T. zillii, cuyos requerimientos son similares a los del bagre de canal (Ictalurus punctatus) (Mazid et al., 1978, citado por Jauncey y Ross, 1982). Los diez aminoácidos esenciales para la mayoría de los peces cultivados en el mundo son: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Jauncey y Ross, 1982). En tilapia, solamente se ha determinado los requerimientos cuantitativos de tres de los diez aminoácidos esenciales que requiere (Jauncey y Ross, 1982). Jackson y Capper (1982) determinaron los requerimientos de metionina, lisina y arginina de O. mossambicus (Jauncey y Ross, 1982). Los requerimientos de energía digerible para el óptimo crecimiento de la tilapia es de 8-9 kcal por gramo de proteína, similar al bagre de canal (Lovell, 1987). La relación normal encontrada en las dietas comerciales, es del orden de 5-6 kcal por gramo de proteína (Lovell, 1987).

Un exceso de proteína cruda o energía, ya sea en forma de lípidos o carbohidratos en la dieta de tilapias trae como consecuencia la formación de depósitos grasos en estos peces (Jauncey y Ross, 1982).

Los requerimientos de otros nutrientes, tales como carbohidratos, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, no han sido determinados para tilapia y en la mayoría de los casos se utilizan los requerimientos de otras especies acuáticas para la formulación de raciones para tilapia (Jauncey y Ross, 1982).

En la mayoría de los cultivos acuáticos existe una buena correlación entre las ganancias de peso y el número de veces en que se alimentan los peces en los estanques (Lovell, 1987). Los mejores pesos finales se obtienen al alimentar los estanques 4 veces al día o con alimentadores automáticos (Lovell, 1987).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización de los experimentos.

Este estudio se realizó en el Proyecto de Acuicultura de Zamorano (Escuela Agrícola Panamericana), ubicado en el valle del río Yeguaré (14° LN y 87° LO); a 37 kilómetros de la ciudad de Tegucigalpa, Honduras. Zamorano tiene una altitud de 800 m.s.n.m., y una precipitación anual promedio de 1200 mm. distribuidos en los meses de Mayo a Noviembre. La temperatura anual promedio en Zamorano es de 23 °C.

Se realizaron dos experimentos de manera simultánea. El primer experimento (#1) empezó el 19 de Octubre de 1993 y finalizó el 15 de Diciembre de 1993, teniendo una duración de 57 días. El segundo experimento (#2) comenzó el 19 de Octubre de 1993 y terminó el 17 de Enero de 1994, teniendo una duración de 91 días.

3.2. Unidades Experimentales.

El primer experimento se realizó en un laboratorio, en un sistema de 12 tanques de fibra de vidrio con reflujo continuo de agua. El sistema incluye un biofiltro y calentadores para mantener la temperatura del agua entre 27 y 28 °C. Cada uno de los tanques circulares tiene 0.82 m² de área de espejo de agua, 95 cm de diámetro y capacidad de 270 litros. El sistema

BIBLIOTECA WILSON POPENOR
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
CARRILLO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

fue llenado con agua potable previamente aireada y reposada por un mínimo de tres días. El agua de las unidades experimentales del Experimento #1, fue renovada en un 50% semanal aproximadamente y la remoción de desechos del agua se hacía cuando se necesitaba por medio de una manguera utilizada a manera de sifón.

El segundo experimento se realizó en 12 pilas exteriores de concreto, cada una con una capacidad de 6900 litros. Las pilas fueron llenadas con agua de un lago 1.5 ha. El recambio de agua de estas pilas se realizaba a una tasa de 20% semanal y de acuerdo a la penetración del disco de Secchi que presentaban.

Todas las unidades experimentales fueron cubiertas con malla para evitar el escape de los peces y la depredación de peces por aves en las pilas.

3.3. Calidad del agua.

La calidad del agua de ambos experimentos fue medida para asegurar condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de las tilapias. En forma diaria, dos veces por día y 5 días por semana se determinó la temperatura y el nivel de oxígeno disuelto del agua, utilizando para esto, un oxímetro de marca YSI, modelo 57. El pH fue medido una vez por semana por medio

de un potenciómetro. Una vez por semana en las pilas, se midió la penetración de luz por medio del disco de Secchi. En dos ocasiones se hizo el análisis de clorofila a, por medio del método sugerido por Vollenweider (Boyd, 1979).

3.4. Peces.

Se utilizaron para ambos experimentos, tilapias de color gris (*O. niloticus*) provenientes del Proyecto de Acuacultura de Zamorano y peces rojos (*Oreochromis* sp.) traídas desde la compañía exportadora Red Tilapia S.A., de Villanueva, Cortés, Honduras. Para ambos experimentos, las tilapias rojas utilizadas tenían 21.9 g de peso promedio inicial (± 2.5 g) y las tilapias grises tenían 21.61 g de peso (± 2.1 g).

Los peces fueron sembrados a una relación de 1:1 grises y rojos en cada unidad experimental. En el primer experimento ubicado en el laboratorio, se sembraron 20 peces por tanque. En el segundo experimento realizado en las pilas de concreto, se sembraron 40 peces por pila. En los dos experimentos se realizaron resiembras de peces durante los primeros 21 días de los mismos. Todos los peces utilizados en ambos experimentos fueron tratados con 17-alfa-metil-testosterona para tener poblaciones monosexuales de machos. Los peces fueron sexados antes de comenzar cada experimento.

3.5. Alimentación.

La cantidad diaria de alimento ofrecido a los peces en cada experimento se determinaba en base al peso vivo de ellos en cada recipiente. Los peces se alimentaban dos veces al día, a las 07:00 y a las 14:00 horas. Se ofreció alimento ad libitum, para asegurar que la cantidad de alimento no fuera una limitante para el crecimiento de las tilapias. En el experimento #1, de 57 días de duración, se comenzó con un nivel alimenticio de 8% y se terminó con 5%. El experimento #2 se comenzó con un nivel alimenticio de 7% y se terminó con 5%. En ambos experimentos el nivel alimenticio fue ajustado de acuerdo a los pesos promedios obtenidos en cada muestreo. Los datos de alimento ofrecido fueron utilizados para calcular los índices de conversión alimenticia (ICA) para cada dieta. El cálculo de los ICA se realizó dividiendo la cantidad de alimento ofrecida entre la ganancia de peso total observada para cada cuerpo de agua. No se realizó la determinación del ICA de cada tratamiento debido a que la población de cada cuerpo de agua constaba de peces grises y rojos, lo cual limitaba la utilización de los valores de ICA que se podrían obtener en esas circunstancias puesto que no se sabe si pudo existir un efecto de competencia entre los peces debido a la mayor agresividad de los individuos de una raza.

En ambos experimentos se utilizaron tres tipos de alimentos con diferentes niveles de proteína cruda, uno de 40% PC, otro con 24% PC y otro con 14% PC, de fabricación nacional. Se hizo un análisis proximal de cada dieta en el Laboratorio de Nutrición Animal de Zamorano.

3.6. Diseño experimental.

En cada experimento se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con seis tratamientos en un arreglo factorial de 2 x 3 (2 razas de tilapia x 3 dietas). Los 6 tratamientos utilizados en cada experimento fueron:

1. Peces grises alimentados con una dieta con 40% PC.
2. Peces grises alimentados con una dieta con 24% PC.
3. Peces grises alimentados con una dieta con 14% PC.
4. Peces rojos alimentados con una dieta con 40% PC.
5. Peces rojos alimentados con una dieta con 24% PC.
6. Peces rojos alimentados con una dieta con 14% PC.

3.7. Variables determinadas.

Las variables cuantificadas y estudiadas, fueron las siguientes:

3.7.1. Crecimiento.

Cada 21 días el 100% de los peces del experimento #1 fue pesado colectivamente, separándolos por su color. El peso total de los peces de cada color, era dividido entre el número respectivo de peces de cada tipo para así obtener el peso promedio de las tilapias rojas y grises. El procedimiento para el experimento #2 fue similar, con la diferencia de que los peces para el muestreo, eran obtenidos por medio de tres pases de una red.

En base al peso promedio de los peces de cada tratamiento y al número de días transcurridos entre cada muestreo en cada experimento, se calculaba la ganancia de peso diaria para cada tratamiento.

3.7.2. Supervivencia.

Se revisó diariamente los tanques del experimento #1 para determinar si había peces muertos y así medir la supervivencia final por tratamiento. En el experimento #2, se contaron los peces de cada color en cada pila al final del experimento y se calculó la supervivencia final por tratamiento.

3.7.3. Facilidad de captura.

En el experimento #2 se registró el número de peces de cada color capturados en cada pase de la red en las pilas, para determinar el comportamiento o agilidad a la cosecha de cada raza de tilapia. El procedimiento consistía en realizar tres pases de hapa por las pilas y registrar el número de peces de cada color capturados en cada pase.

3.7.4 Composición corporal.

Al iniciar y finalizar cada experimento se tomó un pez de cada raza de tilapia y de cada cuerpo de agua para determinar por medio de análisis realizados en el Laboratorio de Nutrición de Zamorano, el porcentaje de grasa, proteína y humedad en la carne de filete de los peces.

4. Análisis estadístico.

La ganancia de peso diaria, el peso promedio final, sobrevivencia, facilidad de captura, ICA y porcentaje de proteína y humedad de los filetes fueron analizados por análisis de varianza (ANDEVA) y después se hizo una separación de rangos múltiples de Medias de Duncan (significativas al 5%), utilizando el programa estadístico MSTAT-C.

5. Análisis económico.

El análisis económico fue limitado a los costos de alimentación, considerando a los otros costos como similares: se tomó en cuenta el peso promedio final de los peces de cada cuerpo de agua de ambos experimentos, el ICA y el precio de los tres tipos de alimentos ofrecidos, para así determinar cual de los alimentos tuvo los menores costos en su utilización y comparar estos valores con las ganancias de peso obtenidas.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis del agua.

Los parámetros de calidad de agua que se registraron fueron:

4.1.1. Oxígeno disuelto.

En el experimento #1, la concentración de oxígeno disuelto fue mantenida artificialmente siempre entre 5.9 y 7.5 ppm (Cuadro 1), lo cual es óptimo para el desarrollo de la tilapia, que soporta niveles muy bajos de este parámetro en el agua (Meyer, 1992).

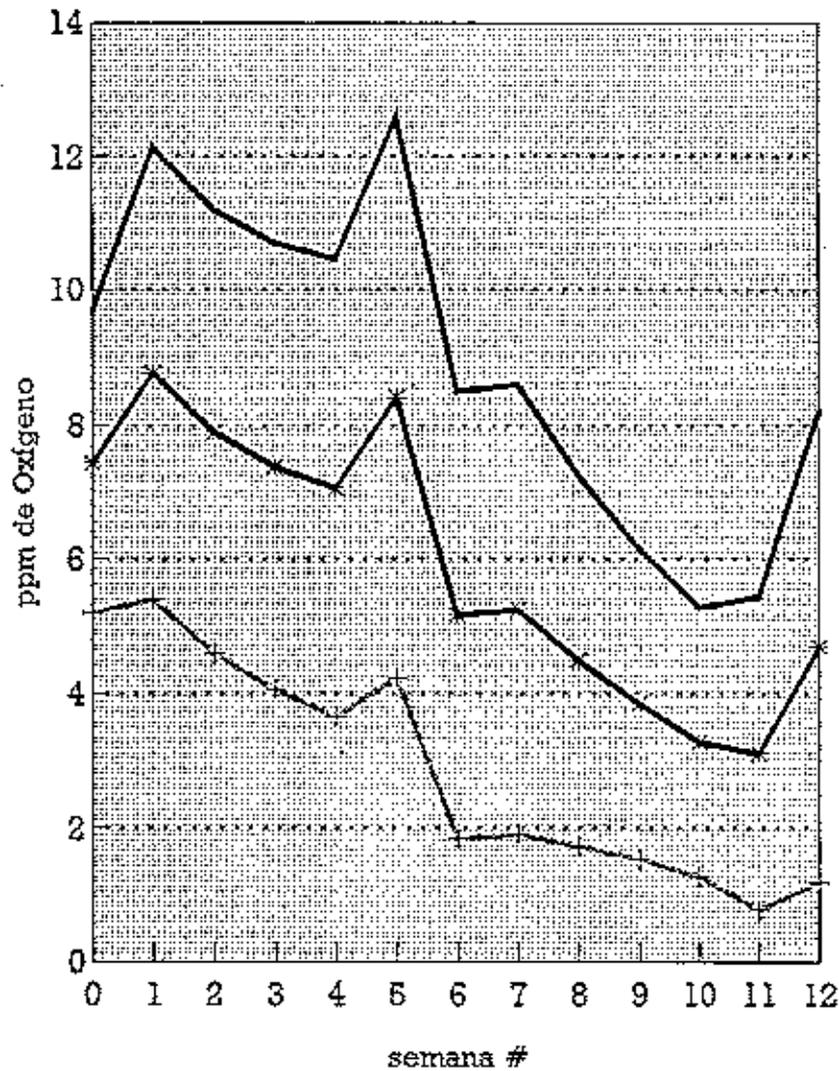
El parámetro que tuvo la mayor variación para todos los tratamientos en el experimento #2, fue la concentración de oxígeno disuelto. Esta fue descendiendo a medida que transcurría el ensayo debido al aumento del consumo de la flora acuática y condiciones de alta nubosidad que redujeron la intensidad lumínica sobre las pilas. Sin embargo, las concentraciones de oxígeno disuelto nunca alcanzaron el nivel de 0.3 ppm, que es letal para la gran mayoría de los peces (Boyd, 1979). La menor concentración observada de oxígeno disuelto en el ensayo fue de 0.77 ppm, que se detectó en la mañana del último día del experimento. En las pilas, las concentraciones de oxígeno disuelto siempre fueron mayores en

las mediciones de la tarde. Durante esas horas del día es cuando el fitoplancton tiene su mayor actividad fotosintética (Hepher y Pruginin, 1989).

A pesar de que la tilapia es una especie resistente a niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua, estos afectan el crecimiento normal de esta especie reduciendo su ganancia de peso y consumo de alimento (Boyd, 1979). Al presentarse descensos prolongados en la concentración de oxígeno disuelto en el agua, los peces pasan mucho tiempo en la parte superficial del estanque. Esto los hace más susceptible a depredadores. Esto es particularmente importante para la tilapia roja (Oreochromis sp.) que por su coloración es más visible a depredadores, especialmente pájaros.

Los niveles de oxígeno disuelto observados en el experimento #2, a pesar de haber tenido una tendencia descendente y uniforme a lo largo del experimento, no tuvieron un efecto diferencial sobre las ganancias de peso de los peces de cada tratamiento, debido posiblemente a la tasa de renovación de agua en las pilas, que fue del 20% semanal, aproximadamente. Posiblemente, la menor susceptibilidad de la tilapia roja a niveles bajos de oxígeno hizo que la sobrevivencia de estas, resultara menor en el experimento #2. Los descensos en las concentraciones de oxígeno disuelto ocurren en la madrugada, cuando todos los organismos en el

agua se encuentran respirando y el fitoplancton no se encuentra fotosintetizando y produciendo oxígeno, por falta de radiación solar.



— Tarde + Mañana * Promedio

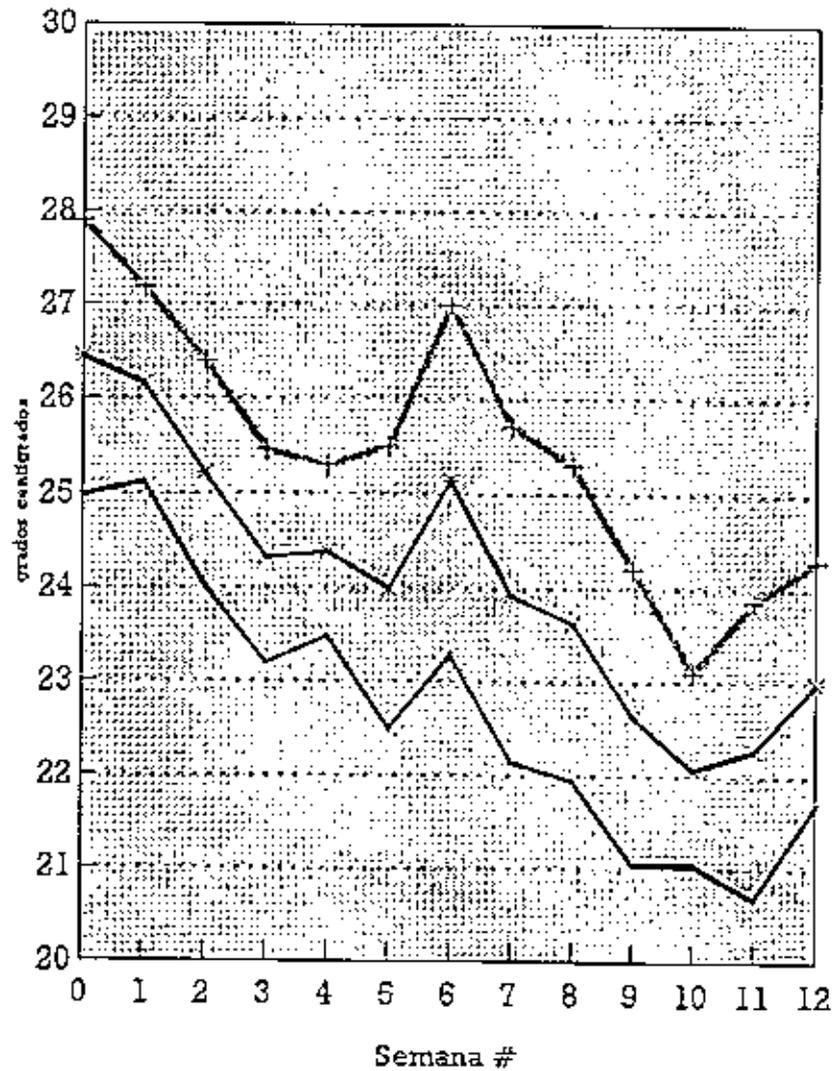
Figura 1. Promedios semanales de las lecturas de oxígeno disuelto en el agua de 12 pilas de concreto (Experimento #2) cultivadas con tilapias de color gris (*Oreochromis niloticus*) y rojo (*Oreochromis* sp.), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

4.1.2. Temperatura.

En los tanques del laboratorio (Experimento #1), la temperatura se mantuvo dentro del rango de 26 a 28 °C, a excepción de 2 días durante la semana 4, en que la temperatura descendió a 24.5 °C (Cuadro 1). Estas temperaturas mantenidas durante el experimento #1, están dentro del rango óptimo de crecimiento de la tilapia que está entre 25 y 30 °C (Hepher y Pruginin, 1989; Gannan y Phillips, 1991).

En las pilas de concreto (Experimento #2), la temperatura no tuvo mayor variación entre las pilas en cada medición, pero sí hubo variación a medida que transcurría el tiempo del experimento (Figura 2). La temperatura en las pilas de cada tratamiento disminuía debido a las fluctuaciones normales de la temperatura ambiental que se dan al final del año. La temperatura en Diciembre y principios de Enero, alcanzó sus menores promedios, saliendo del rango óptimo para el desarrollo de estos peces.

BIBLIOTECA WILSON POPENOK
ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA
APARTADO 82
TEGUCIGALPA HONDURAS



— Temp. matinal + Temp. tarde * Promedio

Figura 2. Promedios semanales de las lecturas de temperatura del agua de 12 pilas de concreto (Experimento #2) cultivadas con tilapias de color gris (*Oreochromis niloticus*) y rojo (*Oreochromis* sp.), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Cuadro 1. Resultados del análisis de agua del sistema cerrado de cultivo de tilapias en 12 tanques de fibra de vidrio del laboratorio de cultivos intensivos (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Número observ.	Promedio \pm Desv.estánd.
Temperatura ($^{\circ}$ C)	24.5	29.0	57	27.20 \pm 0.65
Oxígeno (ppm)	5.5	7.5	57	6.10 \pm 0.61
pH	6.6	7.6	8	7.25 \pm 0.30
Nitrato	0.15	0.40	2	0.23 \pm 0.16

Cuadro 2. Resultados del análisis de agua del cultivo de tilapias en un sistema de 12 pilas de concreto (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Número observ.	Promedio ±Desv.estánd.
Temperatura AM (°C)	20.32	25.25	77	22.70 ±1.42
Temperatura PM (°C)	22.83	28.17	77	25.21 ±1.49
Temperatura (°C)	20.32	28.17	77	23.96 ±1.92
Oxígeno AM (ppm)	0.77	5.40	77	2.87 ±1.61
Oxígeno PM (ppm)	5.28	12.58	77	8.94 ±2.35
Oxígeno x (ppm)	0.77	12.58	77	5.91 ±3.63
pH	6.40	7.90	13	7.30 ±0.35
Disco de Secchi (cm)	21	31	13	25.50 ±3.50
Clorofila a (mg/m ³)	71.50	99.50	2	8.55 ±14.0

4.1.3. pH.

En los tanques de fibra de vidrio (Experimento #1), el pH promedio estuvo siempre entre 6.6 a 7.6, lo cual se considera óptimo para el crecimiento de la tilapia (Balarín y Hatton, 1979).

En las pilas de concreto (Experimento #2) el pH del agua tenía un promedio de 7.30, con fluctuaciones entre 6.40 (valor mínimo) y 7.90 (valor máximo) Las condiciones de alcalinidad ligera son recomendables para el crecimiento de los peces (Boyd, 1979).

4.1.4. Penetración de luz.

La penetración de luz en el agua de las pilas tuvo poca variación. Esto se debió a que el agua de las pilas era renovada parcialmente cuando presentaba medidas de penetración de luz menores a 25 cm. No se dejó acumular excesos de fitoplancton en las pilas, y más bien, se tuvo condiciones relativamente uniformes de penetración de luz a lo largo de este ensayo, siempre superiores al nivel mínimo recomendado de 20 cm (Bocek, 1990).

4.2. Análisis de las dietas utilizadas.

En el cuadro 3 se presentan los resultados del análisis proximal y estabilidad en el agua de las tres dietas utilizadas en ambos experimentos. Los niveles de humedad y extracto etéreo fueron similares para las dos dietas.

La mayor diferencia entre las dietas, fue en los porcentajes de proteína cruda. En el alimento con 14% PC, el porcentaje encontrado fue de 16.08, en el alimento con 24% PC, el porcentaje encontrado fue de 26.61 y en el alimento con 40% PC, el porcentaje encontrado fue de 36.10.

La estabilidad en el agua fue un parámetro que varió en los alimentos, así, el alimento con 14% PC, tuvo una estabilidad en el agua de 10 horas aproximadamente y los otros dos tipos de alimento, con 24 y 40% PC, tuvieron estabilidades en el agua superiores a las 12 horas; Sin embargo, estos tiempos registrados de estabilidad en el agua son muy buenos para dietas peletizadas utilizadas en acuicultura.

El porcentaje de fibra cruda encontrado fue mayor en el alimento con 14% de PC, lo cual posiblemente afectó negativamente el desempeño de los peces alimentados con esta dieta, puesto que los peces al igual que los animales monogástricos, no sintetizan la enzima celulasa. La gran

mayoría de la fibra cruda de los peces pasa sin digerir por el tracto digestivo.

En cuanto al contenido de cenizas, se encontró que la dieta de 24% PC tuvo los menores porcentajes, la dieta de 14% PC tuvo valores intermedios y que la dieta con 40% presentó la mayor concentración de cenizas. Las cenizas son ricas en minerales de todo tipo y por lo tanto son muy importantes para el buen desarrollo de los peces; sin embargo, los resultados de ganancias de peso de cada dieta hacen suponer que no hubo un efecto notorio de este parámetro.

El contenido de carbohidratos solubles (ELN) en las dietas, tuvo cierta variación. Las dietas de 14 y 24% de PC tuvieron niveles similares, no así la de 40% que presentó un nivel menor de carbohidratos solubles, debido a su mayor concentración protéica. El hecho de que los peces no utilicen a los carbohidratos como fuentes primarias de energía sino que utilicen a los aminoácidos (Jauncey y Ross, 1982), hacen que el contenido de proteína cruda de la dieta sea el parámetro más importante a medir y comparar.

Cuadro 3. Análisis proximal y estabilidad en el agua de tres dietas peletizadas utilizadas para el cultivo de tilapia, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Parámetros	14% PC	24% PC	40%PC
Proteína Cruda (%)	16.08	26.61	36.10
Humedad (%)	11.58	12.54	9.74
Fibra Cruda (%)	10.95	3.29	3.10
Extracto Etéreo (%)	4.04	5.65	4.95
Cenizas (%)	9.23	5.63	12.65
ELN [*] (%)	48.12	46.28	33.46
Estabilidad en el agua (horas)	>10	>12	>12

* Extracto libre de Nitrógeno.

4.3. Crecimiento de los peces.

En lo que respecta al crecimiento de los peces se determinó:

4.3.1. Peso promedio final y ganancia de peso diaria.

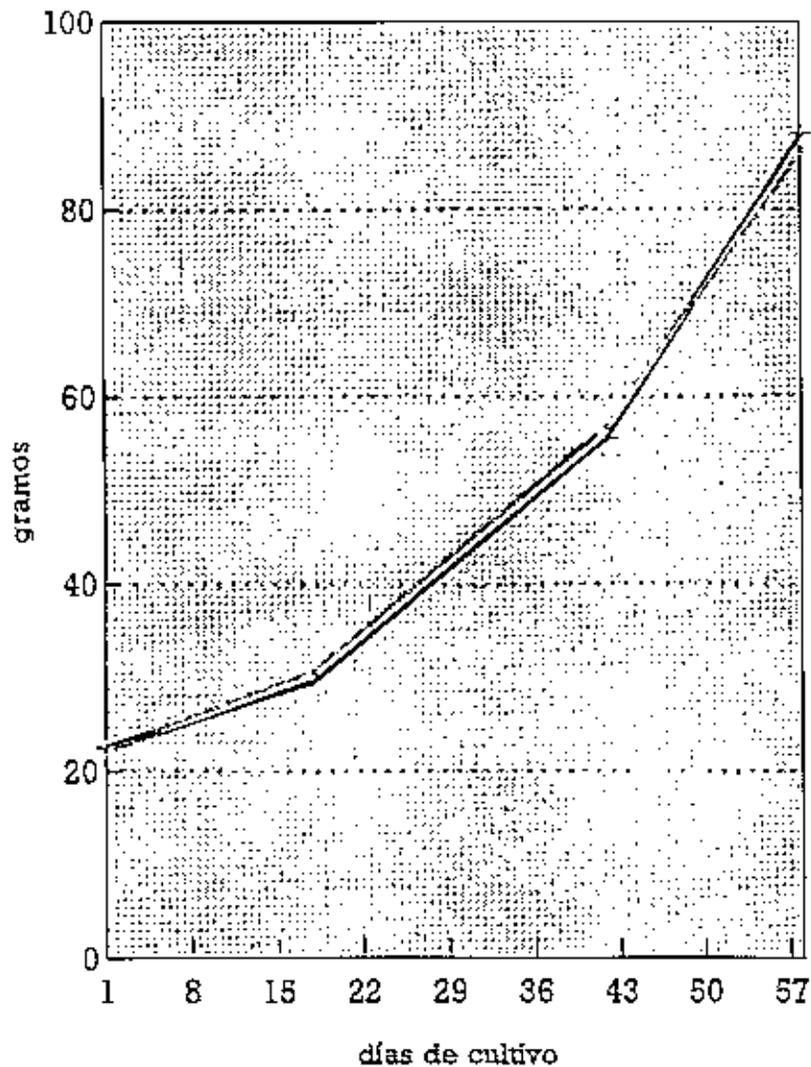
En el experimento #1 la ganancia de peso diaria de las tilapias rojas y grises fue similar (Cuadro 4). Esto, presumiblemente se debió a las buenas condiciones de temperatura y niveles de oxígeno disuelto mantenidas artificialmente en el laboratorio de cultivos intensivos. El peso promedio y las ganancias de peso diarias fueron estadísticamente inferiores para las tilapias alimentadas con la dieta de 14% PC, en comparación con las dietas de 24 y 40% (Cuadro 4) de PC que fueron superiores ($P=0.0001$), pero que a su vez no tuvieron diferencia significativa entre ellas, para ninguna de las dos razas.

En el experimento #2, observamos que los pesos promedios finales fueron significativamente superiores para las tilapias grises ($P=0.0001$), e igual resultado se tuvo para las ganancias de peso diarias ($P=0.0001$) (Cuadro 5). Estos resultados, posiblemente se debieron a que la tilapia gris se adapta mejor a condiciones de temperatura baja y niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua. Estas diferencias también se

podieron deber a que las tilapias rojas provenían de un lugar con temperaturas superiores y que todavía no se habían adaptado a las condiciones de Zamorano, lo cual concuerda con un experimento realizado por Kather y Smitherman (1988), en que la tolerancia al frío y el crecimiento obtenido, se correlacionó directamente con la latitud (y temperatura promedio) de origen de las líneas de tilapia (*O. niloticus*) evaluadas.

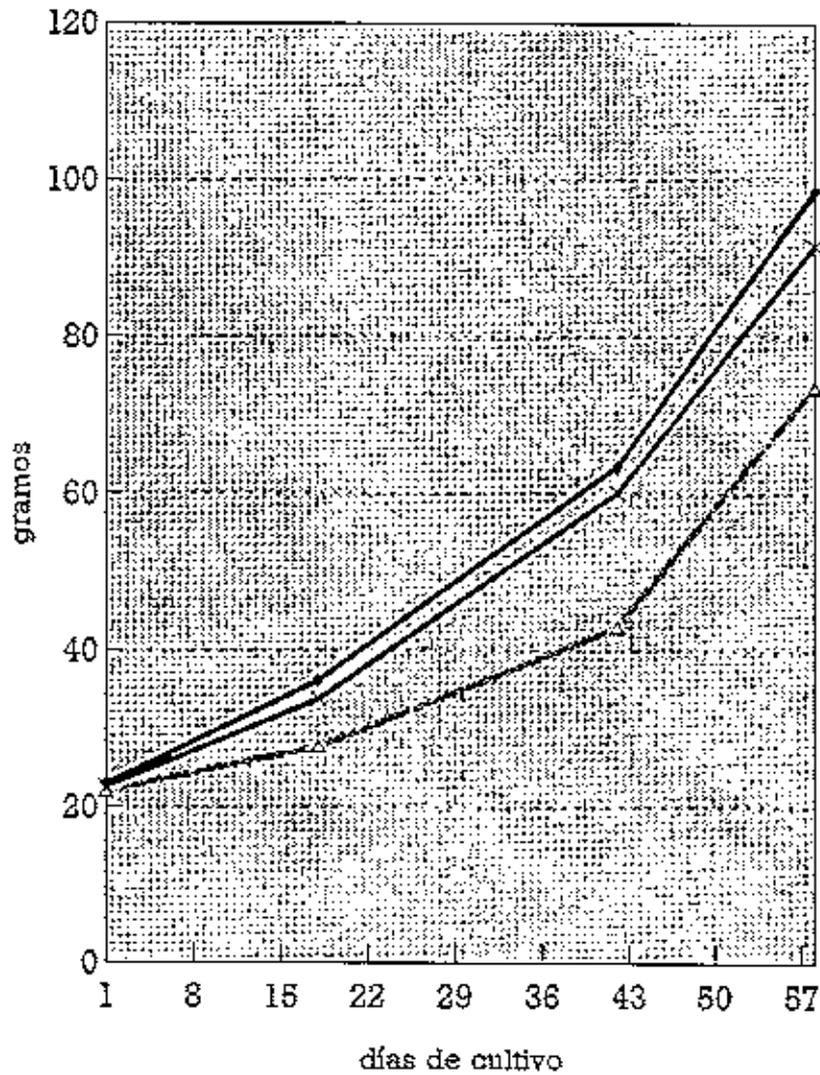
En el experimento #2 y para ambas razas, las dietas con 24% y 40% de PC mostraron las mejores ganancias de peso en comparación con la dieta de 14% PC. Considerando los costos de los concentrados, el engorde de peces tilapias grises con dietas de 24% PC tuvo los mejores resultados.

En ambos experimentos, los rendimientos netos obtenidos para cada tratamiento presentaron un comportamiento similar al peso promedio final obtenido (Cuadros 6 y 7). Los rendimientos netos fueron mucho mayores en el experimento #1, debido a la mayor densidad de peces que se tuvo en los tanques de fibra de vidrio del sistema cerrado de cultivo.



— TILAPIA ROJA - - - TILAPIA GRIS

Figura 3. Peso promedio de tilapias grises y rojas cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.



* 40% PC + 24% PC - 14% PC

Figura 4. Peso promedio de tilapias grises cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

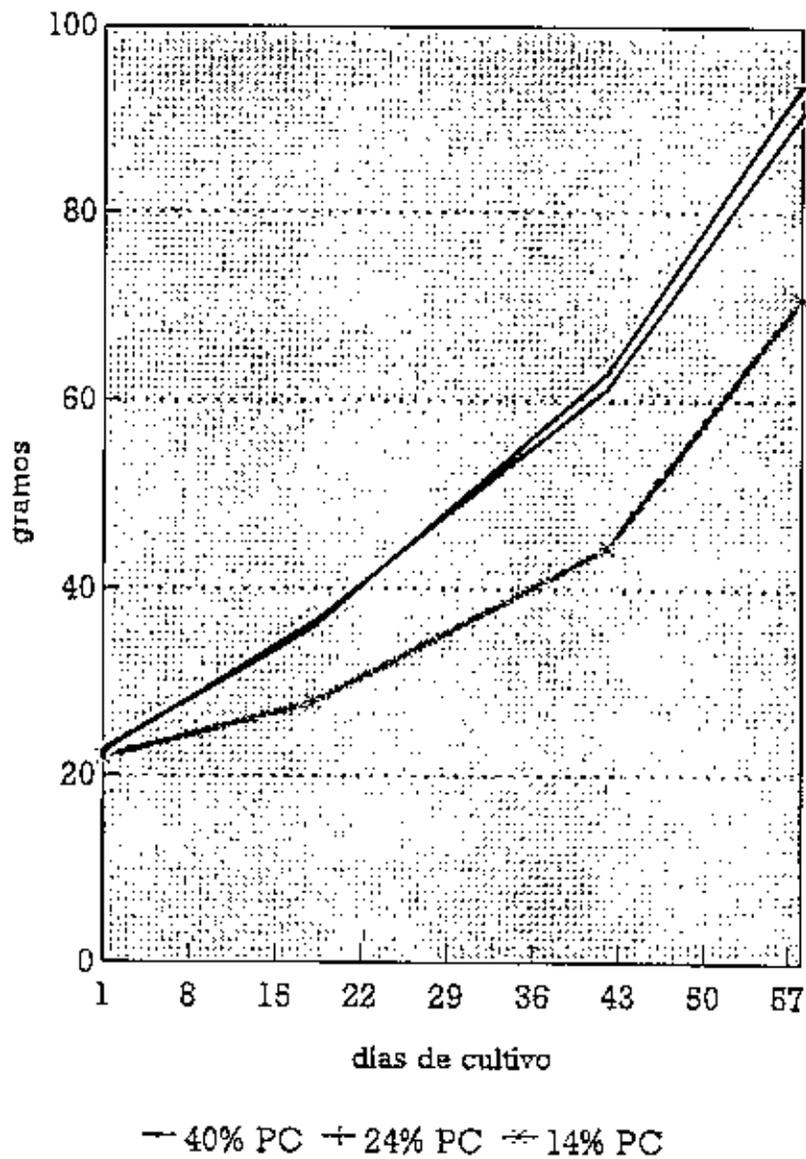


Figura 5. Peso promedio de tilapias rojas cultivadas en un sistema cerrado con condiciones controladas y con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Cuadro 4. Comparación de peso inicial, peso final y porcentaje de sobrevivencia en un cultivo de tilapias grises y rojas, alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema cerrado bajo condiciones controladas (Exp. #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento Color/% PC	Peso inicial (gramos)	Peso final (gramos)	Sobrevivencia %
Dieta 14% PC	21.89	70.81 b	96.25
Dieta 24% PC	22.57	97.18 a	90.00
Dieta 40% PC	22.51	93.33 a	93.75
T. Gris promedio	22.55	86.32	92.50
T. Roja promedio	20.09	87.88	94.17
T. Gris 14% PC	22.03	68.14	95.00
T. Gris 24% PC	23.00	95.72	87.50
T. Gris 40% PC	22.63	95.10	95.00
T. Roja 14% PC	21.75	73.47	97.50
T. Roja 24% PC	22.13	98.63	92.50
T. Roja 40% PC	22.38	91.56	92.50

Cuadro 5. Comparación de peso inicial, peso final y porcentaje de sobrevivencia en un cultivo de tilapias grises y rojas, alimentadas con tres dietas con diferente nivel protéico en las pilas de concreto (Exp. #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento Color/% PC	Peso inicial (gramos)	Peso Sobrevivencia final (gramos)	%
Dieta 14% PC	20.69	87.50 b	90.63
Dieta 24% PC	22.13	109.88 a	88.13
Dieta 40% PC	20.48	110.42 a	85.50
T. Gris promedio	20.67	110.40	91.67
T. Roja promedio	21.31	94.82	84.50
T. Gris 14% PC	20.06	93.83	93.75
T. Gris 24% PC	20.94	122.03	91.25
T. Gris 40% PC	21.00	115.44	90.00
T. Roja 14% PC	21.31	81.33	87.50
T. Roja 24% PC	23.31	97.73	85.00
T. Roja 40% PC	19.95	105.40	81.00

Cuadro 6. Rendimiento neto obtenido en kg/ha y kg/ha/año para el cultivo de tilapias grises y rojas cultivadas en tanques de fibra de vidrio de 0.82 m², durante 58 días en un sistema de laboratorio (Exp. #1), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento Color/%PC	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha/año)
Dieta 14% PC	11491.64 b	71327.42 b
Dieta 24% PC	15389.29 a	95519.70 a
Dieta 40% PC	16199.76 a	100550.20 a
T. Gris promedio	14393.90	89341.45
T. Roja promedio	15570.20	96642.62
T. Gris 14% PC	10684.02	66314.61
T. Gris 24% PC	15519.42	96327.43
T. Gris 40% PC	16791.83	104225.16
T. Roja 14% PC	12299.26	76340.23
T. Roja 24% PC	15259.15	95711.97
T. Roja 40% PC	15607.68	96875.26

Cuadro 7. Rendimiento neto obtenido en kg/ha y kg/ha/año para el cultivo de tilapias grises y rojas cultivadas en pilas de concreto de 7.5 m², durante 91 días (Exp. #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento Color/%PC	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha/año)
Dieta 14% PC	3244.72 b	12836.25 b
Dieta 24% PC	4146.71 a	16404.57 a
Dieta 40% PC	4112.28 a	16268.36 a
T. Gris promedio	4386.96 a	17355.01 a
T. Roja promedio	3312.85 b	13105.78 b
T. Gris 14% PC	3688.50	14591.86
T. Gris 24% PC	4919.72	19462.63
T. Gris 40% PC	4533.12	17933.22
T. Roja 14% PC	2800.94	11080.64
T. Roja 24% PC	3373.70	13346.51
T. Roja 40% PC	3691.44	14603.50

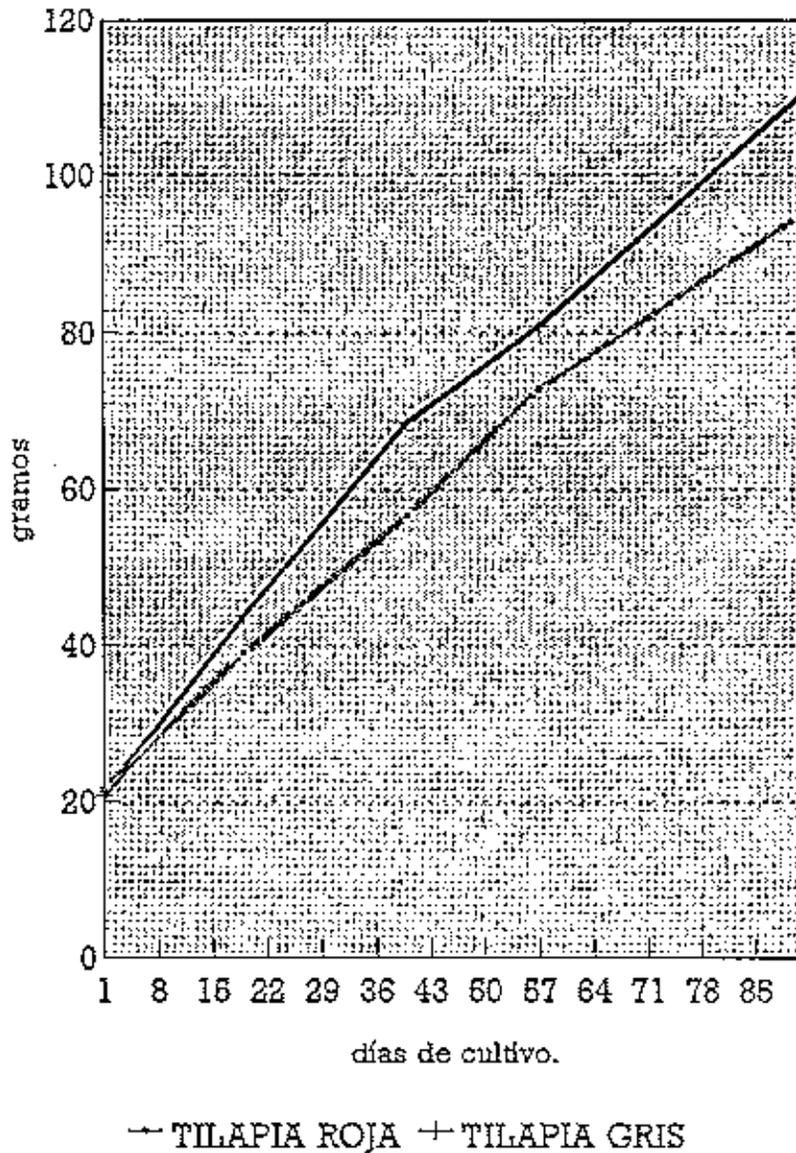
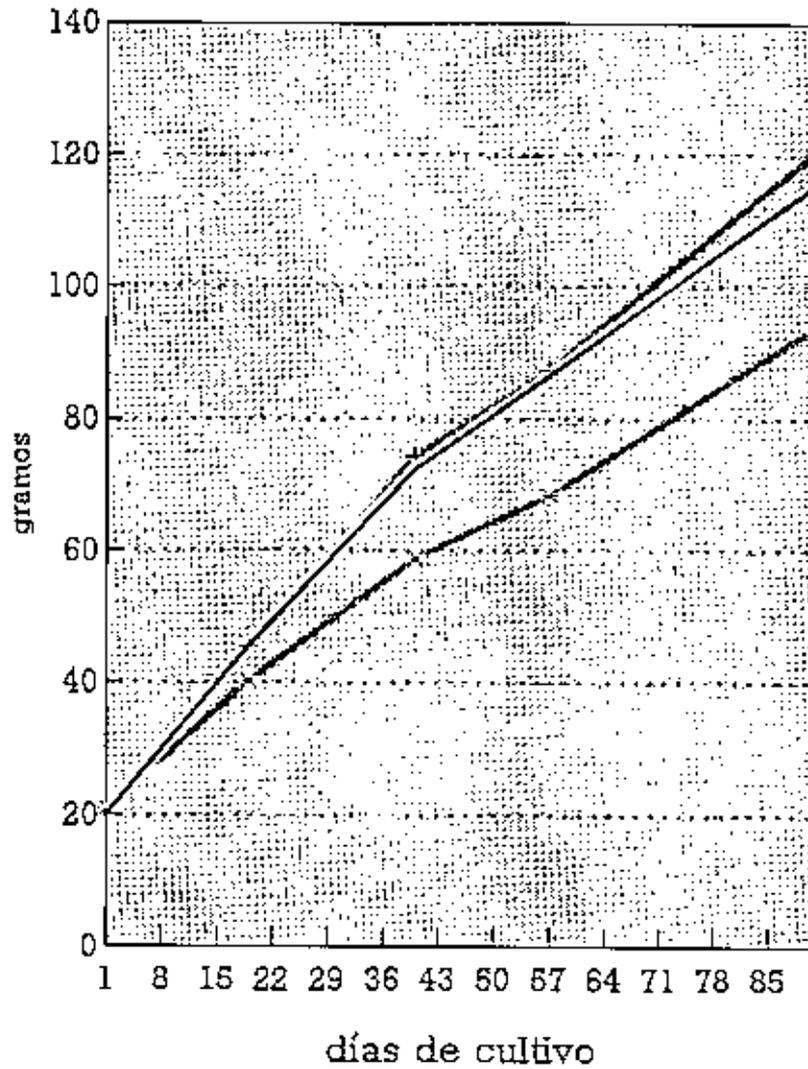


Figura 6. Peso promedio de tilapias grises y rojas cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.



— 40% PC + 24% PC * 14% PC

Figura 7. Peso promedio de tilapias grises cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

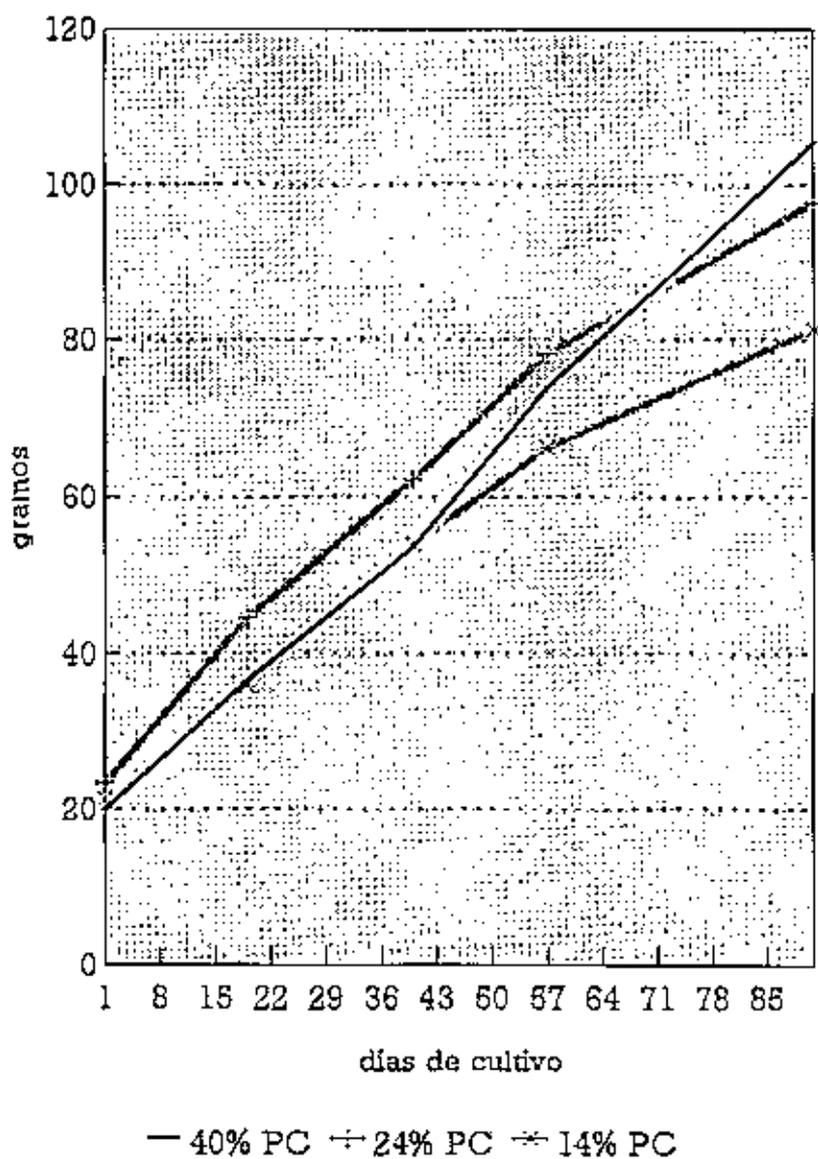


Figura 8. Peso promedio de tilapias rojas cultivadas en un sistema de 12 pilas de concreto con tres dietas con diferentes niveles de proteína cruda (Experimento #2), Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

En cuanto a al peso promedio final y la ganancia de peso diaria comparadas en base a los niveles de proteína cruda en las dietas, los tratamientos del experimento #2 presentaron el mismo comportamiento que los del experimento #1, es decir, que no existieron diferencias significativas en los pesos finales para los niveles de 24 y 40% PC, pero el peso final y la ganancia de peso diaria para el nivel de 14% fue significativamente inferior en ambas razas de tilapia ($P=0.0000$). El nivel óptimo de proteína cruda en dietas para tilapias en crecimiento, es del orden de 25% (Jauncey y Ross, 1982). Dietas con niveles protéicamente subóptimos, causan retraso en el crecimiento (Jauncey y Ross, 1982). Esto posiblemente explica los resultados obtenidos en estos experimentos.

4.3.2. ICA.

En el experimento #1, no existieron diferencias significativas para los ICA de cada dieta (Cuadro 8). Estos resultados se debieron a que las ganancias de peso observadas para las dietas de 24 y 40% de PC fueron similares y que la cantidad de alimento ofrecida a los peces con los tratamientos de 14% PC a menudo se desperciaba al recambiar el agua, debido a que estos peces presentaban un menor consumo de este alimento.

En el experimento #2, se encontró diferencia significativa en los ICA calculados al comparar cada nivel de proteína ($P=0.0000$). Así, observamos que el mejor ICA promedio fue obtenido para los tratamientos con alimento de 40% PC. El peor índice de conversión fue de 3.28, obtenido para las dietas con 14% de PC. Los ICA fueron afectados por las ganancias de peso obtenidas en los peces, así tenemos que los peces alimentados con dietas de 14% PC, necesitaron comer más alimento para aumentar una unidad de peso.

Cuadro 8. Índices de conversión alimenticia para las tilapias de los Experimentos #1 y #2, alimentados con tres dietas con diferente nivel protéico, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento Color/% PC	ICA Exp. #1	ICA Exp. #2
Dieta 14% PC	2.14	3.28 c
Dieta 24% PC	1.83	3.00 b
Dieta 40% PC	2.06	2.67 a

4.3.3. Supervivencia.

En el experimento #1 no se encontraron diferencias significativas en la supervivencia (Cuadro 4), tanto al comparar las dos razas de tilapia, como al comparar los datos de supervivencia para ambas razas con cada nivel de proteina cruda en la dieta. Estos resultados posiblemente se debieron a las condiciones controladas y estables de temperatura y oxigeno disuelto en el agua que se mantuvieron en los tanques de fibra de vidrio.

En el experimento #2, la supervivencia de las tilapias grises fue mayor ($P=0.10$) que la supervivencia de las rojas, 91.67% vs. 84.50%, respectivamente (Cuadro 5). Posiblemente la tilapia roja no se adaptó tan bien a las condiciones de cultivo o a las condiciones de temperaturas y niveles bajos de oxigeno que existieron durante el experimento. La supervivencia inferior de la tilapia roja obtenida en este experimento concuerda con resultados obtenidos en la Estación Acuicola de "El Carao", Honduras (Teichert-Coddington, 1994).

Para ambos experimentos, pudimos observar que la supervivencia de la tilapia roja fue mejorada debido a que los cuerpos de agua fueron cubiertos por malla. La malla sirvió para evitar el salto de los peces en el experimento #1, (que siempre fue mayor para los peces rojos) y para evitar la

depredación por parte de pájaros (Exp. #2), que normalmente es mayor para las tilapias rojas, debido a su coloración mas llamativa (Tave, 1991).

4.3.4. Facilidad de captura.

En el experimento #2 la tilapia de color gris (O. niloticus) se capturaba con más facilidad que los peces de color rojo. En cada muestreo se capturó un mayor número de tilapias de color grises al primer pase de la red (Cuadro 9) (P=0.07). Esto, se debió posiblemente a que las tilapias rojas por ser un híbrido o un mutante, son peces más nerviosos que las tilapias de color normal (Meyer, 1993).

Cuadro 9. Resultados de mediciones de facilidad de captura realizada a tilapias grises y rojas cultivadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento	Captura al primer pase de la red (%)
T. Gris	63.11 a
T. Roja	57.08 b

4.3.5. Composición corporal.

El porcentaje de proteína inicial estuvo entre 79 y el 80 % de la materia seca total de los filetes, lo cual concuerda con los datos publicados por Jauncey y Ross (1982). El porcentaje de humedad inicial encontrado tampoco tuvo variación significativa (77.59% en promedio). No hubo diferencias significativas en los porcentajes finales de proteína ni humedad encontrados en los filetes de ambos experimentos (Cuadros 10 y 11).

Cuadro 10. Resultados de análisis de proteína y humedad en filetes de tilapias grises y rojas alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de laboratorio, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Proteína inicial (%MS)	Proteína Final (%MS)
Dieta 14% PC	77.75	77.04	81.02	76.33
Dieta 24% PC	77.75	77.26	80.46	76.38
Dieta 40% PC	77.25	76.67	79.13	76.38
T. Gris promedio	77.50	76.79	79.95	76.54
T. Roja promedio	77.67	77.19	80.46	76.39
T. Gris 14% PC	77.50	77.37	80.22	76.03
T. Gris 24% PC	78.00	76.38	81.36	76.62
T. Gris 40% PC	77.00	76.61	78.26	76.72
T. Roja 14% PC	78.00	76.71	81.82	76.63
T. Roja 24% PC	77.50	78.14	79.56	76.14
T. Roja 40% PC	77.50	76.72	80.00	76.04

Cuadro 11. Resultados de análisis de proteína y humedad en filetes de tilapias grises y rojas alimentadas con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Proteína inicial (%MS)	Proteína Final (%MS)
Dieta 14% PC	77.75	77.06	81.02	74.80
Dieta 24% PC	77.75	77.26	80.46	73.76
Dieta 40% PC	77.25	76.67	79.13	76.49
T. Gris promedio	77.50	76.55	79.95	73.66
T. Roja promedio	77.67	76.65	80.46	73.70
T. Gris 14% PC	77.50	76.76	80.22	75.72
T. Gris 24% PC	78.00	76.67	81.36	72.14
T. Gris 40% PC	77.00	76.22	78.26	73.12
T. Roja 14% PC	78.00	77.36	81.82	73.87
T. Roja 24% PC	77.50	76.38	79.56	75.37
T. Roja 40% PC	77.50	76.22	80.00	73.86

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
 APARTADO 83
 TECUCIGALPA HONDURAS

5.4. Análisis económico.

Al realizar el análisis económico, se tomó en cuenta como única diferencia el costo de los alimentos concentrados. Los resultados obtenidos demostraron que el incremento en peso de menor costo fue el encontrado en la dieta de 14% de PC, a pesar de tener los menores pesos finales y menores ganancias de peso. Esto se debió principalmente al menor costo del alimento y a que las tilapias tanto grises como rojas tuvieron ganancias de pesos relativamente aceptables a ese nivel subóptimo de suplementación protéica en la dieta. Para ambos experimentos en promedio, los pesos finales de los tratamientos de 14% PC significaron el 71.11% de los pesos finales alcanzados con los tratamientos de 40% y el 69.33% de los pesos finales promedio de los tratamientos con 24% de PC, pero los costos de cada unidad de peso aumentada en promedio con la dieta de 14% de PC, representaron el 72.27% del costo de cada unidad de peso aumentada con la dieta con 40% PC y el 91.72% del costo de cada unidad de peso aumentada con la dieta con 24% PC (Cuadros 12 y 13). La alimentación con la dieta de 24% representó sólo el 73.52% de los costos de la alimentación con la dieta de 40% PC, pero sin embargo las ganancias de peso de la dieta con 24% PC representaron el 102.94% de las ganancias de peso encontradas con la dieta de 40% PC. Estos resultados muestran la conveniencia de utilizar una dieta con un nivel de proteína cruda en la dieta alrededor del 24% en

proyectos comerciales, debido a que esta no muestra diferencias mayores en ganancias de peso con respecto a dietas con mayor nivel de proteína y su costo es significativamente menor. La conveniencia económica de la utilización de dietas con un nivel de PC alrededor de 14% es muy dudosa, puesto que el tiempo requerido para llevar a los peces a tamaño comercial con este alimento será definitivamente mayor, lo cual aumentará los costos fijos y variables y hará que la dieta de 24% PC sea de utilización definitivamente mas rentable. El hecho de que estos experimentos no hayan llevado los peces a tamaño comercial limita las conclusiones que se puedan obtener de este estudio económico.

Cuadro 12. Variables medidas en el análisis económico de alimentación de tilapias con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de laboratorio, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento	ICA	Precio alimento (L./kg)	Incremento peso (kg/pez)	Costo alimentación (L./kg pez)
Dieta 14% PC	2.14	1.980	0.04892	4.24
Dieta 24% PC	1.83	2.440	0.07661	4.47
Dieta 40% PC	2.06	3.366	0.07083	6.93

1.00 US\$ = L. 7.50

Cuadro 13. Variables medidas en el análisis económico de alimentación de tilapias con tres dietas de diferente nivel protéico en un sistema de pilas de concreto, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

Tratamiento	ICA	Precio alimento (L./kg)	Incremento peso (kg/pez)	Costo alimentación (L./kg pez)
Dieta 14% PC	3.28	1.980	0.06595	6.49
Dieta 24% PC	3.00	2.440	0.08816	7.33
Dieta 40% PC	2.67	3.366	0.09020	8.98

1.00 US\$ = L. 7.50

5. CONCLUSIONES

Del presente estudio, se puede concluir lo siguiente:

- 5.1. Según los resultados de este estudio, la tilapia de color gris se adapta mejor a las condiciones a las condiciones de Zamorano y es más resistente a niveles bajos de oxígeno que la tilapia roja.
- 5.2. En condiciones de temperatura y niveles de oxígeno estables, las tilapias de ambos colores crecieron igual. La tilapia gris se adapta mejor que la roja a condiciones de nivel de oxígeno disuelto en el agua y temperatura fluctuantes.
- 5.3. Estos peces crecen mejor con una dieta de 24% PC que con dietas de 14 y 40% PC.
- 5.4. La tilapia de color gris, presenta una mayor sobrevivencia y facilidad de captura que la tilapia roja .

6. RECOMENDACIONES

- 6.1. Se recomienda engordar tilapias con dietas con niveles de proteína alrededor de 24%.
- 6.2. Realizar más experimentos, para determinar el nivel biológicamente óptimo de proteína cruda en la dieta para tilapias.
- 6.3. Se recomienda la utilización de tilapia gris en cultivos comerciales en Honduras.
- 6.4. Realizar experimentos de mayor duración y también en la época de temperatura creciente del año, para determinar mejor el efecto de este factor sobre el crecimiento de cada raza de tilapia.
- 6.5. Realizar estudios de factibilidad económica para determinar la viabilidad de la producción comercial de tilapia de exportación en Honduras.

7. RESUMEN

CRECIMIENTO DE DOS RAZAS DE TILAPIA (Oreochromis sp.) ALIMENTADAS CON TRES DIETAS DE DIFERENTE NIVEL PROTEICO

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento y sobrevivencia de tilapias grises (O. niloticus) y rojas (Oreochromis sp.) alimentadas con tres dietas de diferente nivel de proteína: 14%, 24% y 40%, en dos experimentos simultáneos, uno bajo condiciones óptimas (Exp. #1) y el otro en condiciones normales de finales de año en Zamorano (Exp. #2). El experimento #1 tuvo una duración de 58 días y el experimento #2 duró 91 días. Los cuerpos de agua de ambos experimentos fueron sembrados con una relación 1:1 de peces grises y rojos. En ambos experimentos los tratamientos fueron asignados en un diseño completamente al azar con 4 réplicas. En el Experimento #1, las tilapias rojas y grises no presentaron diferencias significativas en los promedios de peso final, ganancia de peso ni sobrevivencia, aunque sí hubo diferencias entre los niveles de proteína, donde las dietas de 40 y 24% PC no tuvieron diferencias entre sí pero ambas fueron superiores a la dieta con 14% PC ($P=0.0001$). En el experimento #2, la tilapia gris tuvo mejores promedios de peso final ($P=0.0001$), ganancia de peso diaria ($P=0.0001$) y mejor sobrevivencia ($P=0.10$). La tilapia gris presentó una mayor facilidad de captura que la tilapia roja ($P=0.07$). En el experimento #1 no hubo diferencias significativas en los ICA cuando se compararon los niveles de proteína en la dieta. En el experimento #2 se encontraron diferencias significativas en los ICA cuando se compararon los diferentes niveles de proteína, así, el mejor ICA se obtuvo en los peces alimentados con la dieta de 40% PC. Los ICA mas altos se obtuvieron para los peces alimentados con la dieta de 14% PC. No se encontraron diferencias significativas para ninguno de los dos experimentos en cuanto a porcentaje de proteína y humedad final del filete. La tilapia gris presenta mejor desempeño productivo y sobrevivencia que la tilapia roja. Es recomendable la producción comercial de tilapia gris con niveles de proteína alrededor de 24%.

8. BIBLIOGRAFIA.

- BALARIN, J.; HATTON, J. 1979. Tilapia: a guide of their biology and culture in Africa. University of Stirling, Escocia.
- BCIE. 1989. Diagnóstico de la Acuicultura en Centroamérica. Tegucigalpa, Hond. 242 p.
- BOCEK, A. 1990. Introducción al cultivo de la tilapia. International Center for aquaculture and aquatic environments. Auburn University, Alabama, EE.UU.
- BRUMMETT, R.; HALSTROM, M.; DUNHAM, R.; SMITHERMAN, R. 1988. Development of Biochemical Dichotomous Keys for Identification of American Populations of Oreochromis aureus, O. mossambicus, O. niloticus, O. urolepis hornorum and Red Tilapia. In The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Ed. por Pullin, R.; Bhukaswan, T.; Tonguthai, K.; Maclean, J. Departament of Fisheries, Bangkok, Tailandia e International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas. p. 135-141.
- CHAMORRO, P.; ALVARENGA, J. 1992. Plan de desarrollo de producto: Tilapia roja. Federación de Productores y Exportadores de Honduras. San Pedro Sula, Hond. 62 p.
- EL GAMAL, A.; SMITHERMAN, R.; BEHREND, L. 1988. Viability of Red and Normal-Colored Oreochromis aureus and O. niloticus Hybrids. In The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Ed. por Pullin, R.; Bhukaswan, T.; Tonguthai, K.; Maclean, J. Departament of Fisheries, Bangkok, Tailandia e International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas. p. 153-157.
- HEPHER, B.; PRUGININ, Y. 1989. Cultivo de peces comerciales. Ed. LIMUSA. México, D.F. México. 517 p.
- JAUNCEY, K.; ROSS, B. 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. Universidad de Stirling (Escocia). p. 1-48.
- KATHER, A.; SMITHERMAN, R. 1988. Cold Tolerance and Growth of Three Strains of Oreochromis niloticus. In The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Ed. por Pullin, R.; Bhukaswan, T.; Tonguthai, K.; Maclean, J. Departament of Fisheries, Bangkok, Tailandia e International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas. p. 215-218.

- KUO, H. 1988. Progress in Genetic Improvement of Red Hybrid Tilapia in Taiwan. In The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Ed. por Pullin, R.; Bhukaswan, T.; Tonguthai, K.; Maclean, J. Departament of Fisheries, Bangkok, Tailandia e International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas. p. 219-222.
- LOVELL, T. 1987. Feed and Feeding Practices for Tilapia. Aquaculture magazine. 13(3) : 51-52.
- MEYER, D. 1992. Curso de acuicultura. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras.
- MEYER, D. 1993. Comunicación personal.
- NEW, M. 1991. Turn of the millennium aquaculture. World Aquaculture (Puerto Rico). 22(3):28-49.
- TAVE, D. 1991. Genetics of body color in tilapia. Aquaculture magazine. 17(2) : 76-79.
- TEICHERT-CODDINGTON, D. 1994. Comunicación personal.

9. ANEXOS

Anexo 1. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de peso promedio final, ganancia de peso diaria promedio y sobrevivencia final en el Experimento #1, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

EFEECTO	Grados Libert.	Peso final	Ganancia de peso/día	Sobreviv. final
Raza	1	14.852 (P= ns)	0.002 (P=ns)	37.500 (P=ns)
Nivel PC	2	1622.683 (P=0.0000)	0.449 (P=0.0000)	79.167 (P=ns)
Raza x Niv.	2	41.865 (P= ns)	0.012 (P=ns)	12.500 (P=ns)
Error	18	17.534	0.006	81.944
C.V.		4.81%	7.14%	9.74%

ns= no significativo.

Anexo 2. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de ICA y porcentajes de humedad final y PC final registrados en el Experimento #1, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

EFECTO	Grados Libert.	ICA final	Humedad final filete	PC final filete
Raza	1	0.311 (P=0.0519)	0.1000 (P=ns)	1.3540 (P=ns)
Nivel PC	2	0.004 (P=ns)	0.7100 (P=ns)	2.3940 (P=ns)
Raza x Niv .	2	0.016 (P=ns)	0.8740 (P=ns)	6.7610 (P=ns)
Error	18	0.085	0.7740	5.1310
C.V.		14.11%	1.15%	2.95%

ns= no significativo.

Anexo 3. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de peso promedio final, ganancia de peso y sobrevivencia final registradas en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

EFECTO	Grados Libert.	Peso final	Ganancia de peso/día	Sobreviv. final
Raza	1	1644.844 (P=0.0001)	0.191 (P=0.0001)	337.50 (P=0.10)
Nivel PC	2	1357.678 (P=0.0000)	0.165 (P=0.0001)	63.542 (P=ns)
Raza x Niv.	2	231.387 (P=0.1468)	0.032 (P=0.1468)	9.375 (P=ns)
Error	18	973.868	0.007	134.028
C.V.		7.17%	9.67%	13.17%

ns= no significativo.

Anexo 4. Cuadrado medio de los tratamientos y error para las variables de ICA y porcentajes de humedad final y PC final registrados en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

EFECTO	Grados Libert.	ICA final	Humedad final filete	PC final filete
Raza	1	0.089 (P= 0.0342)	0.0280 (P=ns)	3.0180 (P=ns)
Nivel PC	2	0.73 (P= 0.0001)	0.3010 (P=ns)	3.7780 (P=ns)
Raza x Niv.	2	0.006 (P=ns)	1.0040 (P=ns)	12.8920 (P=0.1495)
Error	18	0.017	0.7290	6.0940
C.V.		4.35%	1.11%	3.34%

ns= no significativo.

Anexo 5. Cuadrado medio de los tratamientos y error para la variable de facilidad de captura medida en el Experimento #2, Zamorano (EAP), Honduras, 1993.

EFECTO	Grados de Libertad	Facilidad de captura
Raza	1	240.224 (P=0.07)
Nivel PC	2	88.580 (P=0.3005)
Raza x Niv.	2	47.691
Error	18	68.869
C.V.		13.78%

ns= no significativo.