

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
“LA MOLINA”**

FACULTAD DE PESQUERIA



**“EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE
CAMOTE (*Ipomoea batatas*) EN DIETAS DE ALEVINOS DE
TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*) SOBRE SU
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN CONDICIONES DE
LABORATORIO”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

PAOLA MARTINA PIZZINI DUARTE

LIMA - PERÚ
2017

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Características generales de la tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>)	5
2.2. Clasificación taxonómica de la tilapia roja	7
2.3. Condiciones de calidad de agua	
2.3.1 Temperatura	7
2.3.2 Amoníaco (NH ₃)	8
2.3.3 Concentración de ión hidrógeno (pH)	8
2.3.4 Oxígeno disuelto (OD)	9
2.4. Alimentación	
2.4.1 Hábitos alimenticios	9
2.4.2 Requerimientos nutricionales de la tilapia roja	
2.4.2.1. Proteína	10
2.4.2.2. Energía	12
2.4.2.3. Lípidos	13
2.4.2.4. Carbohidratos	14
2.4.2.5. Vitaminas	14
2.4.2.6. Minerales	15
2.4.3 Tasa de alimentación	16
2.4.4 Frecuencia de alimentación	17
2.5. Aspectos generales del camote	18
2.6. Clasificación taxonómica del camote	20
2.7. Composición química de la harina de camote	
2.7.1. Proteínas	20
2.7.2. Lípidos	20
2.7.3. Carbohidratos	21
2.7.4. Vitaminas	21
2.7.5. Pigmentos	22
2.9. Pigmentación por carotenoides	23

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y periodo de experimentación	25
3.1.1 Características del sistema de recirculación de agua	25
3.2. Métodos y procedimientos	
3.2.1 Recepción y Acondicionamiento de los alevines	28
3.2.2 Instalación de las Unidades Experimentales	28
3.2.3 Evaluación de la calidad de agua	
3.2.3.1. Temperatura	28
3.2.3.2. Amoniacó (NH ₃)	28
3.2.3.3. Concentración del Ion Hidrógeno (pH)	29
3.2.3.4. Oxígeno disuelto (OD)	29
3.2.4 Alimento	
3.2.4.1. Proceso de elaboración de la harina de camote	29
3.2.4.2. Formulación y composición química del alimento	31
3.2.4.3. Elaboración del alimento	31
3.2.4.4. Prueba de Hidroestabilidad del alimento	33
3.2.4.5. Análisis Proximal de las Dietas Experimentales	33
3.2.5 Alimentación	
3.2.5.1. Tasa y frecuencia de alimentación	33
3.2.5.2. Forma de alimentación	34
3.2.5.3. Controles biométricos	34
3.2.6 Evaluación de la Calidad del alimento	
3.2.6.1. Incremento de Peso	34
3.2.6.2. Tasa de crecimiento	34
3.2.6.3. Conversión alimenticia	35
3.2.7 Evaluación de la Composición Corporal	
3.2.7.1. Composición de la carcasa	35
3.2.7.2. Pigmentación del músculo	35
3.2.8 Supervivencia	35
3.3. Diseño experimental y evaluación estadística	36

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Parámetros de calidad de agua	37
4.2. Prueba de hidroestabilidad	37
4.3. Supervivencia	39

4.4. Parámetros de crecimiento	
4.4.1 Ganancia de peso	40
4.4.2 Tasa de crecimiento	41
4.4.3 Conversión alimenticia	42
4.5. Evaluación de la Composición Corporal	
4.5.1 Composición de la carcasa	44
4.5.2 Pigmentación del músculo	45
4.6. Impacto económico	45
V. CONCLUSIONES	47
VI. RECOMENDACIONES	48
VII. BIBLIOGRAFÍA	49
VIII. ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Págs.</u>
Tabla 1. Diversos cruces del híbrido de tilapia roja	6
Tabla 2. Requerimiento de proteína en distintas especies de tilapia	11
Tabla 3. Requerimiento de aminoácidos esenciales de la tilapia	12
Tabla 4. Requerimientos vitamínicos de la tilapia	15
Tabla 5. Requerimientos de minerales de la tilapia	16
Tabla 6. Tasas de alimentación para tilapia con alimentos balanceados	17
Tabla 7. Frecuencia alimenticia para la tilapia	18
Tabla 8. Producción nacional de camote durante los años 2015 -2016 (TM)	19
Tabla 9. Contenido de nutrientes de la harina de camote	22
Tabla 10. Formulación y valor nutritivo estimado de las dietas experimentales (%)	32
Tabla 11. Análisis Proximal (%) de las Dietas Experimentales	33
Tabla 12. Parámetros de calidad de agua	36
Tabla 13. Pérdida de peso del alimento a diferentes intervalos de tiempo	39
Tabla 14. Valores de Porcentaje de Supervivencia	40
Tabla 15. Resultados de los parámetros Reproductivos	43
Tabla 16. Análisis Proximal de la Carcasa (%) al inicio y final del Experimento	45
Tabla 17. Relación Beneficio - Costo	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Págs.</u>
Figura 1. Perfil esquemático del sistema de recirculación experimental	27
Figura 2. Diagrama de Flujo de la Preparación de la harina de camote	30
Figura 3. Porcentaje de Supervivencia de alevines	40
Figura 4. Peso Promedio Individual de los alevines de tilapia	41
Figura 5. Tasa de crecimiento (g/día) promedio	42
Figura 6. Conversión Alimenticia de los alevines de tilapia	43

ÍNDICE DE ANEXOS

	<u>Págs.</u>
ANEXO 1: Valores de Temperatura del ambiente (°C)	55
ANEXO 2: Valores de Temperatura Promedio, Máxima y Mínima (°C)	56
ANEXO 3: Valores de Concentración de Amoniacó (mg/L)	57
ANEXO 4: Valores de Potencial de Hidrógeno (pH)	57
ANEXO 5: Valores de Oxígeno Disuelto (mg/L)	58
ANEXO 6: Diagrama de Flujo de la Prueba de hidroestabilidad descrita por Núñez, 1995	58
ANEXO 7: Análisis de varianza para la prueba de hidroestabilidad	59
ANEXO 8: Porcentaje de Supervivencia por unidad experimental	59
ANEXO 9: Análisis de Variancia de la Supervivencia	60
ANEXO 10: Consumo de alimento (g) por Tratamiento	60
ANEXO 11: Valores de Peso (g) y Talla (cm) Total promedio	61
ANEXO 12: Peso promedio semanal ajustado por el peso inicial (g) por Tratamiento	62
ANEXO 13: Análisis de Co-Variancia de la Tasa de Crecimiento	62
ANEXO 14: Regresión lineal simple efectuada a la Tasa de Crecimiento	62
ANEXO 15: Prueba de “t” de comparación de medias	63
ANEXO 16: Análisis de Variancia de la Conversión Alimenticia	63
ANEXO 17: Regresión lineal simple efectuada a la Conversión Alimenticia	63
ANEXO 18: Características Físicas e Hidráulicas del Sistema de Recirculación, tomado de Verástegui et al. (2002)	64

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la inclusión de harina de camote (*Ipomoea batatas*) sobre tasa de crecimiento (TC), conversión alimenticia (CA), supervivencia y composición corporal en alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*).

El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería, durante 6 semanas; para lo cual se establecieron 4 tratamientos, resultantes de la inclusión de harina de camote en tres niveles 10, 20, 30 % y el tratamiento “testigo” con 0% de inclusión de harina de camote, cada uno con tres repeticiones.

Se inició con alevines con un peso promedio igual a 10 g. a los cuales se les suministró el alimento cuatro veces al día (8:00, 11:00, 13:00 y 16:00 horas) los siete días a la semana. La tasa de alimentación varió del 7 al 3.5% del peso corporal, hasta alcanzar un peso final promedio de 50 g.

Al finalizar el experimento, se observó que con un nivel de inclusión de harina de camote del 10% se obtienen mejores resultados en cuanto a ganancia de peso y conversión alimenticia, sin llegar a encontrarse diferencias significativas con la dieta testigo. En cuanto a las concentraciones de 20 y 30% de inclusión de harina de camote se observa una reducción de la tasa de crecimiento y un incremento en la conversión alimenticia llegando ambas a ser significativamente diferentes a las dos dietas anteriormente mencionadas.

Al realizar el análisis proximal de la carcasa se encontró que conforme se incrementó el nivel de harina de camote en la dieta disminuyó la concentración de proteína en el músculo del pez; asimismo, el porcentaje de grasa no se vio afectada ante los diferentes porcentajes

de inclusión.

No se presentó coloración en el músculo de los alevines en ninguno de los tratamientos.

Se concluye que la inclusión de la harina de camote en las dietas para alevines de tilapia resulta beneficiosa cuando se incluye hasta en 10%, obteniéndose además la mejor relación beneficio - costo.

I. INTRODUCCIÓN

Desde 1970, la acuicultura se ha incrementado notablemente. Durante el año 2014, la producción acuícola mundial de pescado represento el 44.1% de la producción total (incluidos los usos no alimentarios)], cifra superior al 42.1% alcanzado en 2012 y al 31.1% registrado en el 2004 ,lo cuál convierte a la acuicultura en una nueva fuente de proteínas para consumo humano. (FAO, 2016)

El cultivo de tilapia en el mundo, y especialmente en Latinoamérica, se está incrementando debido principalmente al crecimiento del mercado estadounidense y el alto precio de comercialización, a lo cual se suman sus múltiples cualidades, que lo hacen ideal para la actividad acuícola, entre ellas encontramos: madurez y crecimiento acelerados, fácil reproducción, utilización eficiente de una amplia variedad de alimentos, tolerancia a elevadas concentraciones de salinidad, así como una notable resistencia a pobres condiciones de calidad de agua, a altas densidades de cultivo y a muchas enfermedades (Popma y Masser 1999).

Se sabe que el alimento es el principal costo de operación en la acuicultura. El uso de ingredientes alternativos que lo reduzca y mantengan adecuados niveles de producción, podrían tener un impacto en el mercado al incrementar la rentabilidad de la industria.

El camote, *Ipomoea batatas* L. (.Lam), es uno de los cultivos más importantes, versátiles y menos aprovechados del mundo. Con una producción anual de más de 105 millones de toneladas métricas en el mundo (CIP, 2016), ocupa el quinto lugar en orden de importancia después del arroz, el trigo, el maíz y la yuca. Se cultiva en más de 100 países en vías de desarrollo, figurando en 50 de ellos como uno de los cinco cultivos más importantes. (FAO, 1998)

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto que tiene la inclusión de harina de camote en dietas para alevines de tilapia roja sobre los parámetros de crecimiento (conversión alimenticia, tasa de crecimiento y supervivencia), la composición de la carcasa

y la pigmentación del músculo de la tilapia. Adicionalmente, evaluar el efecto de sus almidones sobre la hidroestabilidad del alimento y el impacto económico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características Generales de la Tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

Las tilapias son peces endémicos originarios de África y el Cercano Oriente, en donde se inicia la investigación a comienzos del siglo XIX, aprovechando sus características es que se consideraron ideales para la piscicultura rural, especialmente en el Congo Belga (actualmente Zaire); a partir de 1924 se intensifica su cultivo en Kenia, sin embargo fue en Malasia en donde se obtuvieron los mejores resultados y se iniciara su progresivo cultivo en el ámbito mundial. (Castillo, 2001)

Posteriormente estos peces se introdujeron en forma acelerada hacia otros países tropicales y subtropicales en todo el mundo (Arredondo et al, 1994), recibiendo el sobrenombre de las “gallinas acuáticas”, ante la “aparente facilidad de su cultivo”. (Castillo, 2001)

Las tilapias rojas aparecen como una mutación albina en un cultivo artesanal de tilapia *Oreochromis mossambicus* de coloración normal (negra) cerca de la población de Taiwán en 1968 (Castillo, 1994). La atractiva coloración estimuló a los productores e investigadores a iniciar programas de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas de tilapia roja. En cada línea se busca adicionar a ella la mejor característica de cada una de las especies del Género *Oreochromis* empleadas en el mejoramiento de los híbridos rojos. (Castillo, 2001)

Actualmente existe una gran variedad de líneas del híbrido rojo que corresponden a diferentes cruces, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Dentro de las principales ventajas adquiridas que presenta la tilapia roja a partir de su heterogeneidad genética se tiene: tasa de crecimiento más alta, fácil reproducción en cautiverio, aumento en la eficiencia de conversión alimenticia, adaptabilidad a ambientes salobres, mayor resistencia a enfermedades en comparación con otras especies, fácil adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo semi-intensivo, intensivo y

superintensivo, mejor rendimiento de filete debido a la reducción de porciones cefálicas, visceral y caudal, ausencia o disminución de espinas intermusculares, así mismo muestra un sabor fresco, sin olor y mesenterio sin coloración (Castillo, 1994).

Tabla 1: Diversos Cruces del Híbrido de Tilapia roja

Nombre	Cruces	Referencia
Tilapia roja Taiwanesa	<i>O. mossambicus</i> x <i>O. Niloticus</i>	Kuo, 1984; Pruginin et al., 1989
Tilapia roja Singapur	<i>O. mossambicus</i> mutante	Pruginin et al., 1988
Tilapia roja Florida	<i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepsis hornorum</i>	Sipe, 1985
Tilapia roja aurea	<i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepsis hornorum</i> x <i>O. aureus</i> .	Pruginin et al., 1988
Tilapia roja Manzala	<i>O. niloticus</i> (egipcia) mutante	Me Andrew et al, 1988; Tave, 1991
Tilapia roja Filipina	<i>O. mossambicus</i> mutante x <i>O. niloticus</i> Taiwán, Japón, Singapur	Moreau y Avtalion, 1988
Tilapia roja Yumbo	<i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepsis hornorum</i> x <i>O. niloticus</i>	Castillo, 1990
Tilapia ACCP	<i>O. mossambicus</i> albina x <i>O. urolepsis hornorum</i> x <i>O. niloticus</i> x <i>O. Aureus</i>	Castillo, 1990

FUENTE: Castillo (2001)

2.2. Clasificación Taxonómica de la Tilapia Roja (Morales, 1991)

PHYLUM	:	CHORDATA
SUBPHYLUM	:	VERTEBRATA
SUPERCLASE	:	GNATHOSTOMATA
SERIE	:	PISCIS
CLASE	:	ACTINOPTERYGIL
ORDEN	:	PERCIFORMES
SUBORDEN	:	PERCOIDE
FAMILIA	:	CICHLIDAE
GENERO	:	Oreochromis
ESPECIE	:	<i>Oreochromis spp.</i>

2.3. Condiciones de Calidad de Agua

2.3.1 Temperatura

La temperatura del agua es uno de los parámetros fisicoquímicos más importantes en la producción piscícola, pues ejerce gran influencia en el crecimiento, la asimilación del alimento y las funciones reproductivas de los peces, sin contar además, con su efecto sobre otras condiciones como el pH y el oxígeno del agua. (Solla, 2000).

A medida que se incrementa la temperatura se presenta un aumento en el metabolismo, se acentúa el ejercicio y se intensifica la ingestión del alimento. (Solla, 2000), y ante una disminución dejan de consumir alimento y comienzan a presentar enfermedades (Pompa y Lovshin, 1996).

La temperatura óptima para el crecimiento del tilapia es aproximadamente 27 y 30°C. El crecimiento a esta temperatura es típicamente tres veces mayor que en 22 °C, (Popma y Masser, 1999).

2.3.2 Amoníaco (NH₃)

El nitrógeno amoniacal total (NAT) está representado por dos formas que se encuentran en equilibrio; la ionizada o amonio (NH₄⁺), y la no-ionizada o tóxica llamada amoníaco (NH₃). La formación de amonio es fuertemente dependiente del pH, esta influenciado por la temperatura y ligeramente afectado por la salinidad. El aumento del pH (a nivel básico), una baja concentración de oxígeno y una temperatura alta favorecen la transformación de un porcentaje del TAN a su estado tóxico, amoníaco.(CTSA, 1993; Alicorp, 2001)

Los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentran en el rango de 0.6 a 2.0 mg/l. Sin embargo, puede ser gradualmente aclimatado a niveles subletales, aproximadamente la mitad del total de peces sobrevive 3 o 4 días en concentraciones de amoníaco de 3 mg/l (Popma y Lovshin, 1996).

Las concentraciones altas de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento y la supervivencia, exoftalmia y la acumulación de líquidos en el abdomen o ascitis (Alicorp, 2001).

2.3.3 Concentración de Ion Hidrógeno (pH)

Las tilapias muestra su mejor crecimiento en el rango de pH de 6 - 9, aunque logran sobrevivir en el rango de 5 -10 (Popma y Masser, 1999), siendo 7,5 el pH ideal para su crianza (Popma y Lovshin, 1996).

Valores de pH cercanos a 5 producen mortandad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias, además causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus, cuando se presentan niveles de pH ácidos el Ion Fe⁺⁺ se vuelve soluble afectando los arcos branquiales y disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia, (Alicorp 2001).

2.3.4 Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es el factor más importante para la acuicultura influyendo en la salud y productividad de la especie cultivada (CTSA, 1993) Las tilapias pueden sobrevivir con valores muy bajos de oxígeno disuelto, menores a 0.3 mg/l, gracias a su capacidad de disminuir su consumo de oxígeno, de extraer oxígeno disuelto de la interfase agua-aire y la capacidad de su sangre de saturarse de oxígeno aún cuando la presión parcial es baja. (Popma y Masser, 1999). Sin embargo, niveles menores de 3 mg/L disminuyen la tasa de alimentación, aumenta la conversión alimenticia, se produce inapetencia y letargia, causa enfermedades a nivel branquial, produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, y disminuye su capacidad reproductiva (Alicorp, 2001). Se recomienda niveles mayores a 5 mg/l para su normal desarrollo (Florez y Medrano, 1997).

2.4. Alimentación

2.4.1 Hábitos Alimenticios

Las tilapias, como muchas otras especies de peces, se alimentan de zooplancton durante sus primeros estadios larvales. De adultas, generalmente son herbívoras, omnívoras o detritívoras alimentándose de varios tipos de algas, macrofitas, escombros vegetales y fitoplancton (El Sayed y Teshima, 1991). Todo esto conduce a la gran ventaja que tienen sobre el resto de peces cultivados debido a su bajo nivel en la cadena trófica (Fitzsimmons, 1998).

Las tilapias no pueden ser consideradas filtradoras, ya que estas secretan un mucus que es usado como trampa para el plankton que luego forma un bolo alimenticio y posteriormente es ingerido (Popma y Lovshin, 1996). Este mecanismo permite que las tilapias sean muy eficientes en el aprovechamiento del alimento, inclusive cuando reciben alimento balanceado, (Stickney, 1997).

2.4.2 Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja

2.4.2.1. Proteína

La proteína es el componente básico de los tejidos animales y es por ello esencial para el mantenimiento, crecimiento y reproducción. A nivel de mantenimiento, el pez requiere proteína para reponer tejidos gastados y productos proteínicos como células del epitelio intestinal, enzimas y hormonas, esenciales para el funcionamiento correcto del organismo. La necesidad de proteína para la síntesis radica en que del 45 al 75% del tejido seco es proteína. (Hepher, 1993; Lim, 1997)

Un inadecuado abastecimiento de proteína provoca retardo o cese del crecimiento y hasta puede provocar pérdida de peso en el animal (Lim, 1997). Por otro lado un suministro excesivo de proteína significa la producción de un alimento de costos altos y poco eficiente (NRC, 1993), ya que la proteína sería usada como fuente de energía; además de elevar el nivel de amonio en el agua (El Sayed y Teshima, 1991)

Los requerimientos de proteína se correlacionan con muchos factores como las condiciones ambientales, procesos fisiológicos específicos y hábitos de alimentación, así como la edad y etapa de desarrollo del pez. (Hepher, 1993). Las tilapias han logrado un máximo crecimiento utilizando dietas con contenidos entre 20 y 56% de proteína cruda (Lim, 1997). Montoya (2002) sugirió que los alevines de tilapias roja logran un mejor crecimiento con un nivel de proteína de 40%. En la tabla 2 se señalan niveles de proteína para diferentes especies de tilapias, según varios autores.

Las tilapias requieren los 10 aminoácidos esenciales que requieren otros peces y animales terrestres (El Sayed y Teshima, 1991; Lim, 1997). En la tabla Tabla 3. se puede observar el requerimiento de aminoácidos esenciales según diferentes autores, los cuales han sido determinados para las diversas especies de tilapia

Tabla 2: Requerimiento de Proteína en distintas especies de Tilapia

Especie	Peso (g)	Requerimiento de Proteína	Referencia
<i>O. niloticus</i>	3,5	30 ¹	Wang Takeuchi and Watanabe (1985)
	6,2	25 ²	Wang Takeuchi and Watanabe (1985)
<i>O. mossambicus</i>	1-5	34-38	Lim (1997)
	6-30	30-35 ²	Jauncey and Ross (1983)
Tilapia roja híbrida	0,2	35-40 ²	Santiago and Laron (1991)
Tilapia Híbrida		30-35 ³	Mazid et al. (1979) Viola and Zhar (1984)
Tilapia	<0,02	45-50	Fitzsimmons (1997)
	0,02-2,0	40	Fitzsimmons (1997)
	2-35	35	Fitzsimmons (1997)
Tilapia	<0,5	40 - 45	Alicorp (2001)
	0,5-10	40 - 35	Alicorp (2001)
	10-30	30-35	Alicorp (2001)
	30-250	30-35	Alicorp (2001)
	>250	25-30	Alicorp (2001)

FUENTE:¹El Sayed and Teshima (1991)

² Lim (1997)

³ Stickney (1997)

⁴ INPA (1996)

Tabla 3: Requerimiento de Aminoácidos Esenciales de la tilapia

Aminoácidos	Referencias	
	Fitzsimmons (1997) (g/Kg)	Alicorp (2001) (% de la proteína en la dieta)
Lisina	16 (5.0)*	5,1
Arginina	15 (7.5)	4,2
Histidina	5 (2.3)	1,7
Treonina	10 (3.6)	3,8
Valina	12 (5.8)	2,8
Leucina	15 (7.0)	3,4
Isoleucina	9 (4.3)	3,1
Metionina	5 (1.7)	2,7
Fenilalanina	15 (4.5)	3,8
Triptófano	2 (1.0)	1,0

*Valores presentados entre paréntesis representan el porcentaje de proteína

Los aminoácidos no esenciales pueden ser sintetizados por los peces, pero, su presencia en la dieta tiene un especial significado, ya que reduce la necesidad de que éstos tengan que ser sintetizados, (NRC, 1993).

2.4.2.2. Energía

La energía no es un nutriente, es mas bien un producto terminal del metabolismo y oxidación de carbohidratos, lípidos y aminoácidos (NRC, 1993). Los peces requieren cierta cantidad de energía para los procesos vitales, como circulación sanguínea, respiración, osmoregulación, desplazamiento en el agua y otras funciones esenciales (Hepher, 1993). Todos los componentes orgánicos de una dieta para peces son fuentes potenciales de energía, ya que liberan calor tras su combustión (Lim, 1997; NRC, 1993). Por lo tanto, la concentración de energía debe ser la primera consideración nutritiva en la formulación de la dieta para el pez, aunque, generalmente se le da prioridad a la proteína por ser el componente de mayor costo dentro de la dieta (NRC, 1993).

Los requerimientos cuantitativos de energía varían con la temperatura del agua, la especie, el tamaño, la edad, las actividades físicas y fisiológicas, la composición de la dieta, etc. (Popma y Lovshin, 1996).

En la Formulación de la dieta, se debe tomar en cuenta que el exceso de energía digestible puede reducir la tasa de crecimiento del pez. Una dieta deficiente en energía, llevará a la utilización de la proteína para el mantenimiento antes que el crecimiento. En contraste, una dieta que contiene energía en exceso puede reducir el consumo de alimento y así reducir la cantidad ingerida de proteína y otros nutrientes esenciales para el crecimiento máximo. Las proporciones excesivamente altas de energía también pueden llevar a la deposición de cantidades grandes de grasa del cuerpo que puede ser indeseable para la comercialización (El Sayed y Teshima, 1991).

Los valores de energía digestible recomendados para tilapias han sido estimados entre 8.2 y 9.4 Kcal por gramo de proteína (Popma y Masser, 1999)

2.4.2.3. Lípidos

Los lípidos son una fuente importante de energía y la única fuente de ácidos grasos esenciales necesarios para el crecimiento de los peces (NRC, 1993; Lim, 1997) Los ácidos grasos polinsaturados desempeñan un papel decisivo para la flexibilidad y permeabilidad de las membranas plasmáticas, función normal de las mitocondrias y actividad enzimática (ATPasa). Estos pueden ejercer funciones específicas para el sentido de la visión de algunas especies de peces y para la actividad de los nervios. Estos son fundamentales en la síntesis de prostaglandinas y son el medio de transporte de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), las cuales son vitales para los peces (Martínez, 1988; Steffens, 1987 y Tacon 1989 citados por INPA, 1996).

El nivel de inclusión de lípidos en la dieta es directamente proporcional al nivel de proteína. Así para niveles de 40% de proteína se recomienda niveles de grasa de 6 a 8%. Con 35% de proteína el nivel de grasa es de 4.5 a 6 % y con niveles de 25 a 30% de proteína se recomienda de 3 a 3.5% de grasa (Alicorp, 2001).

Da Silva et al. (1991), citado por Stickney (1997), indica que el mejor crecimiento en híbrido rojo y mejor nivel de ahorro de energía se obtuvo cuando el porcentaje de lípidos en la dieta era de 18%. Así mismo, las dietas para tilapia deben contener de 0.5 a 1% de ácidos grasos de la familia linolénico (serie ω 3) y 1% de ácidos grasos de la familia linoleico (serie ω 6) (Alicorp, 2001).

2.4.2.4. Carbohidratos

Los carbohidratos son la fuente de energía más económica y a la vez la más disponible en países tropicales y subtropicales donde el cultivo de tilapia se encuentra muy difundido (INPA, 1996; Lim, 1997). Además, son precursores en la formación de varios intermediarios metabólicos esenciales para el crecimiento del pez y presenta un efecto de reserva en la utilización de proteínas de las dietas (NRC, 1993).

Las tilapias, al ser herbívoras u omnívoras pueden utilizar los carbohidratos en la dieta más eficientemente que los peces carnívoros u otros peces como la carpa y el bagre (Stickney, 1997). Presenta una gran cantidad de amilasa en el tracto digestivo lo que permite un mejor aprovechamiento de los carbohidratos ofrecidos en la dieta con fines energéticos (INPA, 1996).

Estudios realizados por Teshima, Anderson y El-Sayed (1991) y Garling (citados por El Sayed y Teshima, 1991) demostraron que las tilapias pueden utilizar eficientemente entre el 35 –40% de los carbohidratos. También reportan que aumentando los carbohidratos en la dieta se aprovechan las proteínas para el crecimiento.

2.4.2.5. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos necesarios en la dieta para la adecuada alimentación de las tilapias ya que catalizan todas las reacciones metabólicas (Alicorp, 2001). Se han realizado muchas investigaciones para determinar sus requerimientos, aunque, estos no han sido profundizados debido a que su cultivo se realiza mayormente en estanques, donde los peces consumen una gran cantidad de alimento natural que los provee de vitaminas y minerales (INPA, 1996; Stickney, 1997).

Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento ya que catalizan todas las reacciones metabólicas (Alicorp, 2001). Algunas vitaminas, como la B₁₂, no son necesarias para esta especie ya que pueden ser sintetizadas en el tracto digestivo por microorganismos intestinales (El Sayed y Teshima, 1991). La vitamina C y la vitamina E probablemente son las más importantes porque son poderosos antioxidantes y además, la vitamina C ayuda al sistema inmunológico del pez (Tacon, 1989).

En la tabla 4 se muestran los requerimientos vitamínicos de la tilapia.

Tabla 4: Requerimientos Vitamínicos de la Tilapia

Vitamina	Requerimiento	
	(mg/kg)	
	I Unit	
Vitamina E		66
Riboflavina	20	
Ácido pantoténico	35	
Vitamina B 12	0.01	
Vitamina C	375	
Vitamina K	4.4	
Vitamina A		4,400
Vitamina D3		2,200
Vitamina E		66
Niacina	88	
Tiamina	11	
Piridoxina	11	
Ácido fólico	5	
Colina	275	

FUENTE: Fitzsimmons (1998)

2.4.2.6. Minerales

Los minerales son elementos orgánicos necesarios para diversas funciones en los peces, tales como estructurales, cofactores en los sistemas enzimáticos, (Stickney, 1997), la osmoregulación, el balance ácido-base, como para el apropiado funcionamiento de los

músculos y los nervios (El Sayed y Teshima, 1991), e influyen en la formación de huesos, escamas y los dientes (Alicorp, 2001)

La cantidad de fósforo disponible recomendado para las dietas de tilapia es de 0,5 a 0,7% (El Sayed y Teshima, 1991). Solo un tercio del fósforo proveniente de los granos y material vegetal es nutricionalmente disponible. Los requerimientos de fósforo son completados mediante la capacidad que las tilapias tienen para absorber el fósforo inorgánico. De manera similar ocurre con el calcio, el magnesio, sodio, potasio, hierro, cobre, yodo, selenio y otros que son obtenidos del agua mediante absorción (Popma y Lovshin, 1996). Los valores de minerales recomendados se pueden observar en la tabla 5.

Tabla 5: Requerimientos de Minerales de la Tilapia

Mineral	Requerimiento (g/Kg)
Calcio (Ca)	3.0
Fósforo (P)	7.0
Magnesio (Mg)	0.5
Hierro (Fe)	0.15
Zinc (Zn)	0.20
Cobre (Cu)	0.003
Manganeso (Mn)	0.013
Selenio (Se)	0.0004
Yodo (I)	0.001

FUENTE: Fitzsimmons (1997)

2.4.3 Tasa de Alimentación

La tasa de alimentación depende de la especie, la talla, temperatura del agua, calidad del agua, disponibilidad de alimento natural, frecuencia alimenticia, nivel energético de la dieta, densidad de peces y condiciones sanitarias (Lim, 1997).

Como en otros peces, la tasa de alimentación es inversamente proporcional a su peso y se ve afectada por la temperatura ya que esta tiene influencia sobre el metabolismo y el gasto

de energía (Lim, 1997) En la Tabla 6 se muestran diversos niveles de tasa de alimentación para tilapias.

2.4.4 Frecuencia de Alimentación

La tilapia es un pez que tiene una capacidad estomacal pequeña, por esto es necesario utilizar mayores frecuencias de alimentación. Así mismo el uso de una frecuencia de la alimentación mayor evita la pérdida de nutrientes por la disgregación del alimento en el agua. (Lim, 1997). La frecuencia de alimentación variara según la talla del pez. En la Tabla 7 se muestra las frecuencias de alimentación con respecto al peso promedio.

Tabla 6: Tasas de Alimentación para Tilapia con alimentos balanceados

Peso del pez (g)	Tasa de alimentación(% del peso)	
	INPA (1997)	ALICORP (2001)
1 - 5,0	10 – 8	15 - 8
5 – 10	8 – 7	8 - 5,7
10 – 20	6,7	5,7 - 5,1
20 – 50	5,3	5,1 - 4,3
50 – 70	4,6	4,3 - 4,1
70 – 100	3,3	4,14,0
100 – 150	2,2	4,0 - 3,3
150 – 200	2	3,3 - 2,8
200 – 300	1,5	2,8 - 2,2
>300	1,5 - 1,3	2,2 - 1,1

Tabla 7: Frecuencia Alimenticia para la Tilapia

Peso (g)	Frecuencia alimenticia (veces / día)
1 – 5	8
5 – 10	6
10 - 20	6
20 - 50	4
50 - 70	4
70 - 100	3
100 - 150	3
150 - 200	3
200 - 300	3
>300	3

FUENTE: INPA (1997)

2.5. Aspectos Generales del camote

El camote es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia Convolvulaceae. Entre los 50 géneros y más de 100 especies de esta familia solo *Ipomoea batatas* es la de mayor importancia como alimento. (Woolfe, 1992)

Las plantas pertenecientes a este género son rastreras, algunas de las cuales presentan tubérculos hinchados. Se halla muy distribuida en los trópicos y en las regiones de clima templado cálido. Necesita por lo menos 4 meses de tiempo cálido y no es resistente a la helada. Las diferencias en cuanto a forma de hoja, color de la piel y conformación de los tubérculos son muy marcadas entre las diversas variedades (FAO, 1998)

En la tabla 8 se presenta la producción nacional de camote durante los años 2015 Y 2016.

La variedad INA 100-INIA es una nueva variedad de camote amarillo cuya principal característica es su alto potencial de rendimiento (45t/ha), siendo superior hasta en 80% al de las variedades tradicionales. Además, es medianamente precoz, posee una excelente calidad culinaria y soporta muy bien manipulación durante la comercialización. (INIA,

1997) Actualmente hay 4000 Ha. cultivadas con esta variedad la que representa el 25% de la producción nacional.

Tabla 8: Producción nacional de camote durante los años 2015 -2016 (TM)

Región	2015	2016
Amazonas	32	22
Ancash	1 200	1 440
Apurímac	30	91
Arequipa	14	50
Ayacucho	76	88
Cajamarca	172	90
Huánuco	779	224
Ica	2 433	1 753
La Libertad	1087	291
Lambayeque	1234	549
Lima	12 831	14 427
Lima Metropolitana	624	697
Madre de Dios	15	27
Piura	1 451	1 071
Tacna	18	65
Ucayali	73	72

FUENTE: Sistema Integrado de Estadística Agraria (SIEA)

2.6. Clasificación Taxonómica del camote según Cronquist (1981)

REINO	:	PLANTAE
DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA (ANGIOSPERMAS)
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA (DICOTILEDÓNEAS)
SUB-CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	SOLANALES
FAMILIA	:	CONVOLVULACEAE
GÉNERO	:	<i>Ipomoea</i>
ESPECIE	:	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam
NOMBRE COMÚN	:	Camote

2.7. Composición química de la harina de camote

2.7.1 Proteína

El contenido de proteína en el camote es muy bajo, este varía del 1 al 3.5% en materia seca (Yang, 1975 citado por Bouwkamp, 1985), sin embargo algunos de los aminoácidos esenciales se hallan en una proporción importante tales como la lisina, treonina, isoleucina y valina (Vergara, 1990).

2.7.2 Lípidos

Los lípidos también se encuentran en una concentración baja y nutricionalmente insignificante. Esta concentración varía entre el 0.1 al 0.8% (Leung, Busson and Jardin, 1968 citados por Woolfe, 1992)

Los lípidos encontrados en la variedad americana “Centennial” estaban divididos en tres clases: Lípidos neutrales (42.1%), glucolípidos (30.8%) y fosfolípidos (27.1%). Los análisis de ácidos grasos mostraron que el ácido palmítico (16:0) y el ácido linoleico (18:2) son los más abundantes con 29.3 y 44.7% respectivamente (Woolfe, 1992).

2.7.3 Carbohidratos

Aproximadamente entre el 80 a 90% de la materia seca son carbohidratos. Estos consisten en almidón y azúcares, con menos cantidades de pectinas, hemicelulosa y celulosa. La composición varía según los cultivos y la madurez de la raíz. (Woolfe, 1992)

El almidón constituye entre el 60 y 70% de la materia seca, aunque la proporción entre el almidón y otros carbohidratos es muy variable. Este está compuesto por amilopectina y amilasa cuya proporción generalmente varía entre 3:1 a 4:1 (Woolfe, 1992)

La variabilidad en los azúcares totales entre diferentes variedades de camote es notable, con rangos de 0.38% a 5.64% entre cultivos de varias regiones del Pacífico Sur (Bradbury y Holloway, 1988) y entre 2.9% y 5.5% en cultivos americanos (Picha, 1985).

En años recientes, avances significativos han dado lugar a una mayor precisión en las mediciones de azúcares individualmente con el uso de técnicas como la cromatografía líquida de alta resonancia (HPLC) y la resonancia nuclear magnética espectroscópica (NMR). Con estos métodos se encontró que la mayor concentración de azúcares presentes en las raíces crudas fueron sacarosa, glucosa y fructosa, (Woolfe, 1992) excediendo la sacarosa a los otros azúcares en todas las variedades analizadas (Tamate y Bradbury, 1985). También se ha reportado maltosa en bajas concentraciones aunque suele presentarse solo en las raíces cocidas. (Takahata et al, 1992).

En la harina de camote, los carbohidratos varían entre el 84.6 y el 94.8% en materia seca y el almidón entre 57 y 90% (Van Hal, 2000)

2.7.4 Vitaminas

El camote es una fuente de ácido ascórbico (vitamina C), contiene fuentes moderadas de tiamina (B₁), riboflavina (B₂), niacina, piridoxina y sus derivados (B₆), ácido pantoténico (B₅), ácido fólico y cantidades satisfactorias de vitamina E (Woolfe, 1992).

En la tabla 9 se muestra el contenido de nutrientes de la harina de camote.

2.7.5 Pigmentos

Los carotenoides son los responsables de las coloraciones crema, amarilla y naranja del camote. La intensidad del color está en función a la concentración de β -carotenos. Así, las variedades de camote amarillo y naranja poseen un alto contenido de estos. (Purcell, 1962) La cantidad de carotenoides presentes en el camote pueden ser abundantes, pero estos disminuyen con el tiempo de procesamiento y durante el secado, por consiguiente la concentración de estos pigmentos variará mucho dependiendo de la variedad utilizada y el tipo de procesamiento que se le dé (Van Hal, 2000).

La concentración de carotenoides totales en la harina de camote usada en este trabajo experimental es 46.9 mg/lb de los cuales 30.2 mg/lb son β -carotenos.

Tabla 9: Contenido de nutrientes de la harina de camote

Componente ¹	Valores
Humedad (%)	13.3
Proteína (%)	3.9
Lípidos (%)	1.9
Carbohidratos (%)	69.1
Fibra (%)	5.1
Ceniza	6.7
Energía Total (Kcal/100g)	329.5
Aminoácidos ²	g/100g de proteína
Lisina	3.82
Treonina	5.94
Valina	6.67
Leucina	5.85
Isoleucina	3.94
Metionina	0.97
Fenilalanina	5.94
Tirosina	3.97
Vitaminas ³	mg/100g
Vitamina A	0-600
Vitamina C	5.1
Niacina	1.58
Riboflavina	0.18
Tiamina	0.24

Minerales ⁴	mg/100g
Calcio	24 (17-34)*
Fósforo	41 (28-54)
Magnesio	20 (14-23)
Hierro	0.69 (0.59-0.86)
Potasio	396 (342-488)
Sodio	21 (13-30)

FUENTE: ¹ Análisis proximal realizado en los laboratorios de la Molina Calidad Total

^{2,3} Van Hal, 2000;

⁴ Promedio de datos de: López, 1980; Monro, 1986, Ohtsuka, 1984; Picha, 1985 citados por Woolfe (1992)

* Los valores entre paréntesis señalan rangos según los autores

2.9. Pigmentación por carotenoides

Existen dos características fundamentales de los pigmentos carotenoides que permiten entender y deducir los roles que ellos pueden llegar a desempeñar. Por una parte, el hecho de ser compuestos orgánicos coloreados (ligado esto estrechamente a la presencia de dobles enlaces conjugados en su estructura molecular), los hace actuar como agentes pigmentantes y, por otro lado, su capacidad reductora les permite desempeñarse, bajo condiciones específicas, como agentes antioxidantes (Tossisen et al., 1989)

La coloración de la carne esta dada por absorción y depósito de carotenoides en el tejido muscular (Kanemitsu y Aoe, 1987). Storebakken, et al (1991) plantearon que los carotenoides al ser liposolubles, probablemente son emulsificados en el micelio y absorbidos junto con la bilis y lípidos a nivel intestinal.

Meyers (1986) propone clasificar a los peces, según su habilidad para convertir otros carotenoides en astaxantina en dos grupos: Los que pueden transformar luteína o zeaxantina dietaria a astaxantina vía adoxantina, pero no pueden utilizar β -carotenos y cantaxantina como precursores de astaxantina. Este grupo de peces comprende especies de agua dulce como la carpa (*Cyprinus carpio*); y los que son incapaces de sintetizar astaxantina a partir de luteína, zeaxantina, β -carotenos o cantaxantina dietaria, pero que sin embargo, pueden depositar luteína y cantaxantina sin modificación de su tejido muscular. A este grupo pertenecen peces como los salmonidos.

En truchas, la concentración de lípidos en la dieta ha demostrado tener influencia sobre el depósito de pigmentos en el tejido muscular de truchas pero el factor determinante para la concentración de estos es el contenido de carotenoides en la dieta (Torrissen et al, 1985).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y período de experimentación

La fase experimental se desarrolló en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria “La Molina” durante 42 días, desde el 17 de febrero del 2003 hasta el 31 de marzo del 2003.

3.1.1 Características del Sistema de Recirculación de Agua (RAS)

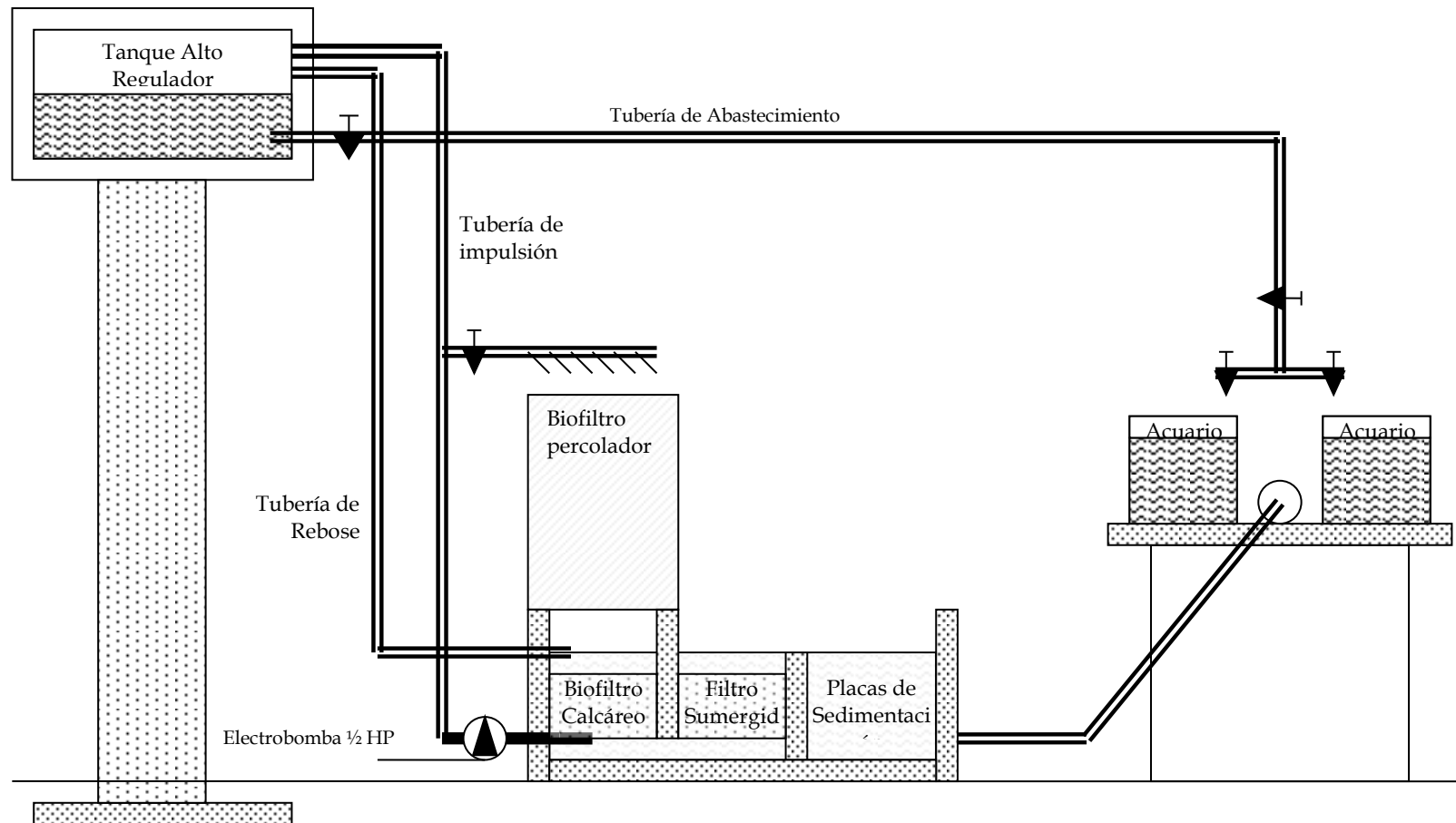
El experimento fue realizado empleando un sistema de recirculación que cuenta con los siguientes componentes (ver figura 1):

- Batería de Acuarios: 16 acuarios de 57 l de volumen cada uno. De los cuales se utilizaron 12 como unidades experimentales.
- Tanque Regulador: Tanque de concreto elevado a 2,5 m, con una capacidad de 0,7 m³.
- Tanque sedimentador: Capacidad de 500 litros provisto de 12 placas de sedimentación de fibra de vidrio dispuestas cada 0.05 m en paralelo con un ángulo de 60° con respecto al fondo del tanque con 0.16 m² cada una.
- Filtro mecánico: Capacidad de 0.05 m³, cuenta con una malla de retención de perlón dispuesta en una estructura rectangular de PVC cuyo fin es impedir el paso de los sólidos en suspensión hacia el biofiltro de inmersión.
- Biofiltro: Donde la mayor parte de la biomasa de bacterias nitrificantes se desarrolla debido a la gran superficie de asentamiento que este ofrece. Aquí se transforma el nitrógeno amoniacal en formas no tóxicas (Miller y Libey, 1994), consta de:
Biofiltro de Inmersión: 0.25 m³ de capacidad, totalmente cubierto con agua, posee en su interior valvas de concha de abanico para la fijación de las bacterias nitrificantes.

Biofiltro de Percolación: 0.25 m³ de capacidad. Presenta pequeños tubos plásticos de polietileno, distribuidos al azar en su interior, funciona con un flujo descendente de agua distribuido uniformemente sobre el área transversal del filtro, manteniendo húmedo el sustrato donde se fijan las bacterias nitrificantes

- Electrobomba: Centrífuga de 0,5 HP de potencia.
- Sistema de Calefacción: Consiste en una resistencia de 1kw ubicada en el tanque de reacondicionamiento.
- Sistema de Aireación: Contó con un impulsador de aire (Blower) de 1/3 HP de potencia que se mantuvo funcionando durante las 24 horas del día. El aire fue distribuido mediante tuberías y piedras difusoras en cada unidad experimental.

Figura 1. Perfil esquemático del sistema de recirculación para acuicultura, tomado de Verástegui et al. 2002



3.2. Métodos y Procedimientos

3.2.1. Recepción y Acondicionamiento de los alevines

Los alevines revertidos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) fueron transportados desde la Unidad de Acuicultura – Proyecto Central de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”. Estos fueron recepcionados en el Laboratorio de Acuicultura y colocados en un tanque de fibra de vidrio de 1m³, donde se mantuvieron por un periodo de aclimatación de 31 días, hasta su traslado al sistema de recirculación con un peso aproximado de 10 gramos.

3.2.2. Instalación de las Unidades Experimentales

Los alevines fueron colocados aleatoriamente en las unidades experimentales, las cuales fueron distribuidas al azar, ubicándose 20 peces por unidad experimental (acuarios) en un total de 12 acuarios. Estos fueron colocados 7 días antes del inicio de la parte experimental con la finalidad de lograr su adaptación.

3.2.3. Evaluación de la Calidad de agua

3.2.3.1. Temperatura

La temperatura se registró diariamente en los acuarios en los mismos horarios con un termómetro de alcohol de 0-50 ± 0,1 °C. Así mismo se registró la temperatura máxima y mínima del laboratorio (medio ambiente) mediante un termómetro de máximas y mínimas con una aproximación de ± 1 °C.

3.2.3.2. Amoníaco (NH₃)

La concentración de amoníaco, se evaluó mediante colorimetría, empleando para ello el kit de nitrógeno amoniacal total “La Motte” y utilizando la fórmula propuesta por Petit en 1990 citado por Lawson (1995) para la conversión del nitrógeno amoniacal total a

amoniacado según los valores de pH y temperatura. La toma de muestra se realizó 2 veces por semana, los días miércoles y sábado en tres horarios 8:00, 12:00 y 16:00 horas.

$$NH_3 - N = \frac{1}{1 + 10^{10.068 - 0.033T - pH}}$$

3.2.3.3. Concentración del Ion Hidrógeno (pH)

El pH se determinó mediante el pH Test 2™ OAKTON con una aproximación de $\pm 0,2$. La toma de muestra se realizó 2 veces por semana, los días miércoles y sábado en tres horarios 8:00, 12:00 y 16:00 horas.

3.2.3.4. Oxígeno Disuelto (OD)

La concentración de oxígeno disuelto fue determinada con un oxímetro YSI modelo 55/12FT, con una aproximación $\pm 0,01$ mg/l. La toma de muestra se realizó 2 veces por semana, los días miércoles y sábado en tres horarios 8:00, 12:00 y 16:00 horas.

3.2.4. Alimento

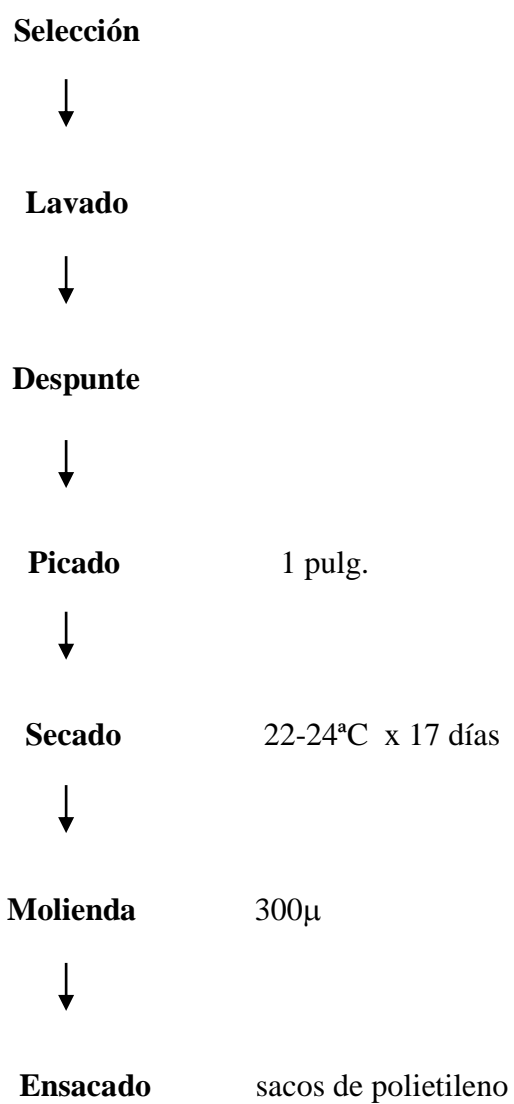
Se elaboraron cuatro dietas isoproteicas e isocalóricas, de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la tilapia roja. Las cuales variaron su contenido de harina de camote en los siguientes porcentajes: 0, 10, 20 y 30 %.

3.2.4.1. Proceso de elaboración de la harina de camote

Para la elaboración de la harina se seleccionaron camotes de primera calidad. Se procedió a lavarlos y trozar las raíces enteras con un molino de martillo con un diámetro de criba de 1 pulgada y se dejó secar a temperatura ambiente, entre 22-24°C, por 17 días. Luego se volvió a moler y a tamizar a 300 μ y se colocó en sacos negros de polietileno. No se dejó secar al sol directamente ni se empleó el flash drier, para evitar pérdidas de carotenos.

El procedimiento seguido para la elaboración de la harina de camote se muestra en la figura 2.

Figura 2. Diagrama de Flujo de la Preparación de la harina de camote



Fuente: Elaboración Propia

3.2.4.2. Formulación y composición química del alimento

En las Tabla 10 se muestra la formulación y composición química de las 4 dietas experimentales. La formulación se realizó mediante el Método del Tanteo empleando el software Excel 2000 para Windows.

3.2.4.3. Elaboración del alimento

La elaboración del alimento se realizó en la Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria “La Molina”, y el secado en la Planta de Alimentos Balanceados de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El proceso fue el siguiente:

- Molienda y tamizado: Con el propósito de obtener una partícula homogénea los insumos sólidos con mayor tamaño de partícula fueron molidos y tamizados (300 μ); los insumos como fosfatodiválcico y cloruro de colina fueron molidos utilizando un mortero de mano.
- Mezclado: Se realizó mezclando primero los insumos de mayor volumen con la mitad de la harina de pescado, la mitad restante fue adicionada al final del proceso, posteriormente se le adicionó la premezcla conteniendo los insumos menores (premix vitamínico, mineral, fosfato diválcico, cloruro de colina, antioxidante, carboximetil celulosa), aceite de pescado y agua hervida a una temperatura aproximada de 50 °C para así formar una pasta homogénea.
- Pelletizado: La pasta resultante de la mezcla fue introducida en una máquina moledora Berckel, logrando que el alimento húmedo adopte la forma de pellets alargados.
- Secado: El alimento húmedo fue colocado en un secador vertical durante un periodo aproximado de 20 horas a una temperatura de 40°C.
- Granulado: El tamaño del alimento fue incrementándose de 1 a 2 mm según la talla de los peces (Alicorp, 2001). Para ello se utilizó un molino de disco giratorio y tamices de diferentes tamaños.

- Almacenado: El alimento se almacenó en bolsas plásticas de polietileno, colocados en cajas de cartón corrugado, que fueron puestos en un lugar fresco y seco.

Tabla 10: Formulación y valor nutritivo estimado de las Dietas Experimentales

Insumos	Tratamiento (%)			
	T0	T1	T2	T3
Harina de pescado	28,5	29.6	30.6	36
Harina de camote	0	10	20	30
Torta de soya	28.6	29.2	30	23.48
Harina de trigo	18.28	13.1	9,63	2
Subproducto de trigo	16	9.28	9,05	0
Aceite de pescado	7,2	7,3	7,3	6.9
Pre-mezcla de vit. Y min.	0,5	0,5	0,5	0,5
Fosfato dicálcico	0,9	0,9	0,9	0,9
Antioxidante	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	100	100	100	100
Proteína Cruda (%)	40.0	40.0	40.0	40.0
Lípidos (%)	11.0	11.2	11.2	11.3
Fibra Cruda (%)	3.0	3.0	2.9	3.0
E.D. (kcal./100g) **	360	360	360	360
Nifex (%)	40.8	40.3	40.2	38.4
P/ED (mg Prot./ kcal.)	111.18	111.34	111.39	111.37
Metionina (%)	0.8	0.8	0.8	0.9
Met.-Cis. (%)	1.3	1.3	1.2	1.3
Lisina (%)	2.4	2.4	2.4	2.5
Calcio (%)	1.3	1.4	1.4	1.6
Fósforo Disponible (%)	1.0	0.9	0.9	1.0

**Los valores de energía digestible fueron estimados utilizando los siguientes coeficientes de digestibilidad: proteína animal (4.25), proteína vegetal (3.86), lípidos (8), carbohidratos de leguminosas (2), carbohidratos de no leguminosas (3). (INPA, 1996). La relación P/ED se obtuvo mediante el siguiente cálculo (Steffens, 1987): P/ED= Proteína (mg)/Energía Digestible (kcal.)

3.2.4.4. Prueba de Hidroestabilidad del alimento

Estas pruebas se realizan en las cuatro dietas experimentales en tres diferentes tiempos de inmersión en agua: 10, 20 y 30 minutos. Las muestras fueron escurridas y secadas a 40 °C durante 24 horas según metodología descrita por Núñez (1995). (Ver anexo 6)

3.2.4.5. Análisis Proximal de las Dietas Experimentales

Los análisis proximales se realizaron en los laboratorios de La Molina Calidad Total con el fin de constatar el contenido nutricional de las dietas experimentales. Los valores proximales de los 4 tratamientos se pueden apreciar en la Tabla 11.

Tabla 11: Análisis Proximal (%) de las Dietas Experimentales

Componente	T0	T1	T2	T3
Proteína Cruda (%)	38.8	39.1	39.3	38.6
Lípidos (%)	10.1	10.2	10.6	10.6
Fibra Cruda (%)	1.9	2.5	2.8	2.9
E.D. (Kcal. /100g)	394	389.7	389.7	380.0
Nifex (%)	41.8	40.5	39.2	37.9

*Los valores están expresados en base seca

3.2.5. Alimentación

3.2.5.1. Tasa y frecuencia de Alimentación

El alimento se suministró durante los 7 días de la semana con una frecuencia de 4 veces al día (8:00, 11:00, 13:00 y 16:00 horas). La tasa de alimentación utilizada varió del 7 al 3.5% del peso, ajustándose semanalmente de acuerdo a los resultados de los controles biométricos (Alicorp, 2001; INPA, 1997).

3.2.5.2. Forma de alimentación

El alimento se proporcionó manualmente, procurando que este no se deposite en el fondo de los acuarios.

3.2.5.3. Controles Biométricos

Los controles biométricos se efectuaron semanalmente. Se pesó el total de los peces utilizando una balanza electrónica “Denver Instrument” modelo XL-610 con una precisión de 0.1 g; la longitud total se determinó mediante el uso de un ictiómetro milimetrado.

3.2.6. Evaluación de la Calidad del Alimento

Este fue evaluado a través de los siguientes parámetros de crecimiento:

3.2.6.1. Incremento de Peso (G)

El incremento de peso se calculará mediante la fórmula:

$$G = W_t - W_0 \quad (\text{Heinsbroek 1990})$$

G = Incremento de peso (g).

W_t = Peso final (g).

W_0 = Peso inicial (g).

3.2.6.2. Tasa de Crecimiento (GR)

La tasa de crecimiento fue determinada mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$GR = \left(\frac{W_t - W_0}{t} \right) = \frac{G}{t} \quad (\text{Heinsbroek 1990})$$

t = tiempo transcurrido entre el peso W_0 y W_t

3.2.6.3. Conversión Alimenticia (FCR)

El factor de conversión alimenticia se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$FCR = \frac{F}{(W_t - W_0)} = \frac{F}{G} \text{ (Rice et al, 1994)}$$

Donde F es la cantidad de alimento suministrado en gramos en el periodo de evaluación.

3.2.7 Evaluación de la Composición Corporal

3.2.7.1. Composición de la carcasa

Con la finalidad de evaluar la mayor retención de grasas en el músculo de los peces, alimentados con las cuatro dietas experimentales, se practicaron análisis proximales de la carcasa. Estos se realizaron al inicio y al final de la parte experimental en los Laboratorios de La Molina Calidad Total.

3.2.7.2. Pigmentación del músculo

Para evaluar si la inclusión de la harina de camote influía en la pigmentación del músculo de las tilapias, al final de la etapa experimental se sacrificaron 3 peces por tratamiento y se contrastó cualitativamente la coloración de los filetes con el filete del pescado que no ingirió la harina de camote. Siendo una apreciación subjetiva.

3.2.8 Supervivencia (S)

La mortalidad y supervivencia expresado como porcentaje, fue determinado considerando el número de peces muertos o sobrevivientes al final del periodo de evaluación con respecto al número de individuos iniciales.

$$S = \left(1 - \frac{N_o - N_T}{N_o} \right) \times 100 \text{ (Heinsbroek 1990)}$$

Donde:

S: Supervivencia expresada en porcentaje

N₀: Número de peces al inicio del experimento

N_t : Número de peces al final del experimento

3.3. Diseño experimental y Evaluación Estadística

Se planteó la siguiente hipótesis:

H_p: La inclusión de la harina de camote (*Ipomoea batatas*) en las dietas de alevines tilapia roja (*Oreochromis spp.*) tiene un efecto positivo en su performance y coloración.

H_a: La inclusión de la harina de camote (*Ipomoea batatas*) en las dietas de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) no tiene un efecto positivo en su performance y coloración.

El experimento ha sido diseñado con cuatro tratamientos considerando tres niveles de inclusión de harina de camote y una dieta “testigo” sin harina de camote. Cada tratamiento (incluyendo el control) tuvo tres repeticiones, resultando un total de 12 unidades experimentales.

Los niveles de inclusión de Harina de Camote (*Ipomoea batatas*), definen los siguientes tratamientos:

Tratamiento	T ₀	:	0% (Control)
Tratamiento	T ₁	:	10%
Tratamiento	T ₂	:	20%
Tratamiento	T ₃	:	30%

El diseño estadístico obedece al diseño completamente aleatorio (Chou, 1992) y para la evaluación comparativa de los resultados se realizará un ANCOVA para la tasa de crecimiento y el ANVA para la supervivencia y la conversión alimenticia. Para el análisis estadístico de la hidroestabilidad se aplicará un Diseño en bloques.

Se empleó el programa estadístico para computadora S.A.S. System.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Parámetros de Calidad de Agua

Los parámetros de calidad de agua registrados se encontraron dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de los alevines de tilapia roja. Al estar los datos experimentales dentro del óptimo se consideran factores que no influyeron sobre los parámetros de crecimiento evaluados.

En la tabla 12 se muestran los promedios semanales obtenidos de los datos registrados. (Ver anexos 1,2,3,4 y 5)

Tabla 12: Parámetros de calidad de agua

Parámetro/ Semana	Temperatura (°C)	Amoniaco (mg/l)	Ion Hidrógeno (pH)	Oxígeno Disuelto (mg/l)
1	28.8	0.003	7.5	5.63
2	28.5	0.004	7.6	6.02
3	28.7	0.005	7.5	5.82
4	28.4	0.004	7.5	5.86
5	28.2	0.005	7.4	5.57
6	27.8	0.004	7.4	5.60
PROMEDIO	28.4	0.004	7.5	5.75

4.2. Prueba de Hidroestabilidad

Las pruebas estadísticas realizadas mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo mejor la dieta sin harina de camote, más no así cuando se evaluó el efecto a través del tiempo. Los resultados del análisis estadístico se muestran en los anexo 7.

Según la prueba de hidroestabilidad realizada a las dietas experimentales, la dieta que presenta mayor pérdida de peso en el agua fue la dieta con mayor contenido de harina de camote (30%); contrariamente, la dieta que tuvo menor pérdida fue la dieta testigo. Esto se debió probablemente a que conforme se elevó la inclusión de harina de camote en las dietas se disminuyó la harina de trigo, el cual posee un mejor poder aglutinante.

Otra posibilidad es que la alta concentración de amilopectina presente en el almidón del camote también influyese, debido a que está constituida por cadenas de unidades de D-glucosa altamente ramificadas (20-30 unidades por ramificación) (Tacon, 1989); la cual podría haber dificultado la unión con las demás moléculas.

Adicionalmente se contrastó estos resultados con una muestra de alimento peletizado comercial para tilapias. Este tuvo mayor pérdida de peso que los alimentos de las dietas experimentales como se puede apreciar en la tabla 13.

Tabla 13: Pérdida de peso del alimento a diferentes intervalos de tiempo

Alimento	Tiempo de Inmersión (min.)	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Perdida de peso (%)
T0	10'	10	9.31	6.95
	20'	10	9.22	7.80
	30'	10	9.16	8.45
T1	10'	10	9.25	7.50
	20'	10	9.13	8.70
	30'	10	9.06	9.45
T2	10'	10	9.17	8.30
	20'	10	9.02	9.80
	30'	10	8.89	11.15
T3	10'	10	9.02	9.85
	20'	10	8.77	12.35
	30'	10	8.67	13.30
Alimento Comercial	10'	10	7.85	21.50
	20'	10	7.41	25.90
	30'	10	5.95	40.50

4.3. Supervivencia

Al realizar la evaluación estadística respectiva mediante el análisis de variancia no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

El porcentaje de supervivencia a lo largo de toda la etapa experimental varió entre el rango de 98.3 al 100% por tratamiento. Los valores se muestran en la tabla 14 y en la figura 3. (Ver anexo 8)

Se presentaron dos casos de mortalidad, en los tratamientos T1 y T0 durante la cuarta y sexta semana respectivamente.

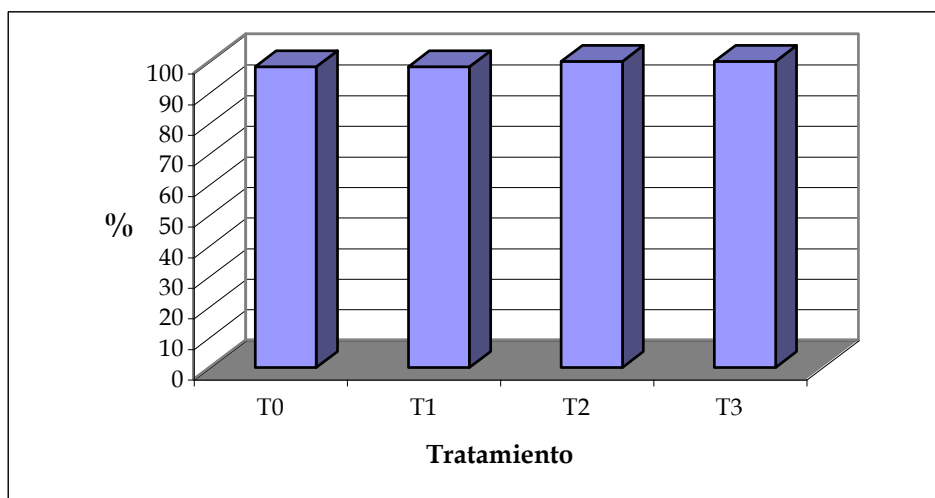
Alicorp (2001) señala que en crías semi-intensivas e intensivas los rangos de mortalidad varían entre el 10 y 15% con respecto a la siembra inicial, cuando se trabaja

con una densidad de 20 a 50 peces por m². Berman (1997) señala que los resultados esperados en cuanto a supervivencia de alevines de tilapia roja en sistema intensivos está en el rango de 60 a 80%. De acuerdo a estos autores la supervivencia obtenida es superior a la esperada, aunque el trabajar en condiciones de laboratorio pudo ayudar a disminuir la mortalidad durante la parte experimental.

Tabla 14: Valores de Porcentaje de Supervivencia

Unidad Experimental	Número Inicial	Número Final de Peces	Supervivencia (%)
T0	60	59	98.3
T1	60	59	98.3
T2	60	60	100
T3	60	60	100

Figura 3: Porcentaje de Supervivencia de los alevines



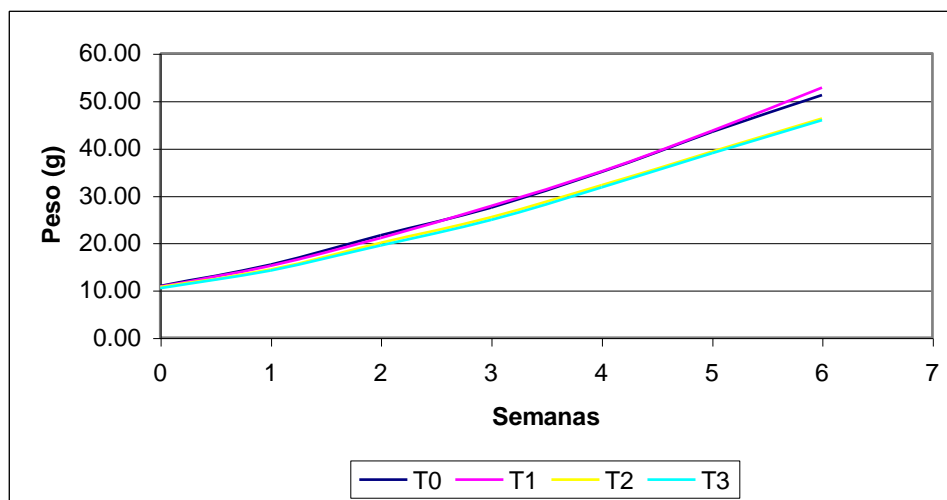
4.4. Parámetros de Crecimiento

4.4.1 Ganancia de peso

El mejor crecimiento tanto en ganancia de peso como en talla se obtuvo con la dieta con 10% de inclusión de harina de camote (T1). A diferencia, los tratamientos con 20 y 30%

de inclusión no llegaron a los 50 g. en promedio. La dieta testigo no guardo mucha diferencia con la dieta T1 como se muestra en la figura 4. (Ver anexo 11)

Figura 4: Peso Promedio Individual de los alevines de tilapia



4.4.2 Tasa de Crecimiento

El análisis de co-variancia efectuado nos indica que existen diferencias significativas entre las dietas T1 respecto a las dietas T2 y T3, lo cual nos indica que la dieta T1 logró un crecimiento mayor a las demás dietas. Asimismo se puede observar que la dieta T0 no muestra diferencias significativas con los otros tratamientos. (Ver anexo 12, 13, 14, 15 y figura 5). Además, se presume que el camote tuvo un efecto ahorrador de la proteína, la cual fue utilizada para crecimiento.

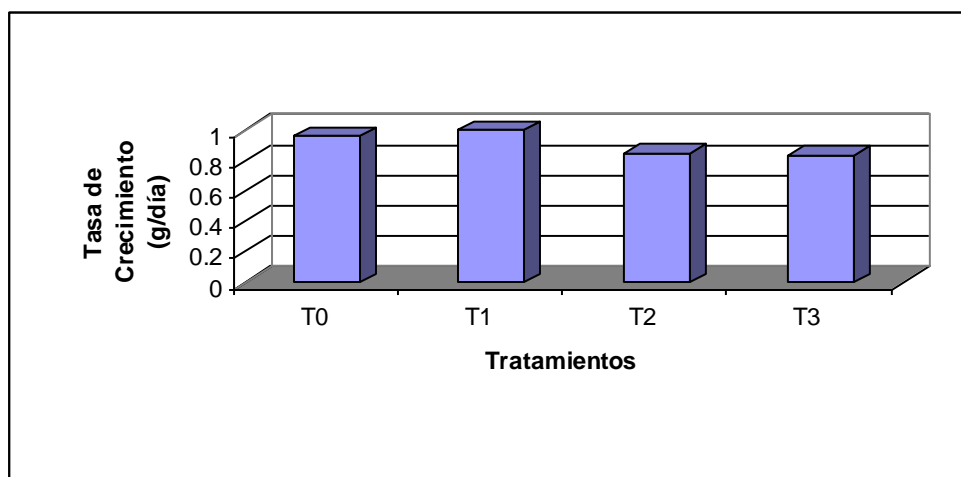
Una de las probables causas de la reducción del crecimiento con el aumento de inclusión de harina de camote es, como menciona Domínguez (1991) en pruebas de alimentación en cerdos, la dificultad de la digestión del almidón del camote, la cual podría estar relacionada con el mayor tamaño de la molécula si se compara con el almidón de la yuca o de otros cereales; ya que a diferencia de los cereales, los cuales presentan mayor cantidad de amilasa en su estructura, el almidón del camote presenta mayor cantidad de amilopeptina la cual es una cadena ramificada de gran tamaño que requiere β -amilasa para su degradación (Woolfe, 1992), enzima, con la cual hay discrepancias, por un lado Hephler (1993) menciona que no se encuentra presente en animales; mientras que Watanabe (1988)

sugiere que si estarían presente en el tracto digestivo de las tilapias, aunque en poca cantidad lo que se corroboran con los resultados obtenidos

Otro factor importante que podría haber afectado el crecimiento es el valor de energía proporcionado en las dietas, el cual podría haber sido diferente entre los tratamientos puesto que la energía digestible de la harina de camote fue determinada basándose en coeficientes de digestibilidad, ya que al momento no ha sido determinada para peces. Esto demuestra la importancia de su determinación, la que no pudo realizarse en ésta investigación por falta de equipos.

(Ver figura 5)

Figura 5: Tasa de crecimiento (g/día) promedio



4.4.3 Conversión alimenticia

El análisis de variancia ($\alpha=0.05$), (Ver anexo 15 y gráfico 7), indica que no hay diferencias significativas entre la dieta testigo y la dieta con 10% de inclusión de harina de camote, aunque si se muestran diferencias significativas con las dietas con 20 y 30% de inclusión.

Los elevados valores de conversión alimenticia para los tratamientos 2 y 3 pudieron ser ocasionados por la menor digestibilidad del almidón crudo de la harina cruda de camote, en comparación al de la harina cocinada o extruida. (Woolfe, 1992). Los valores obtenidos se pueden apreciar en la figura 6.

Aun así, los valores de conversión alimenticia obtenidos con las dietas fueron muy bajos comparado con los rangos mencionados por McGinty y Rakocy (1989) de 1.5 a 1.8, quien también menciona que en sistemas intensivos con buenas condiciones de cultivo y un alimento de calidad se obtiene un mínimo de 1.3;

En la tabla 15 se muestran los datos de parámetros reproductivos obtenidos para los cuatro tratamientos.

Figura 6: Conversión Alimenticia de los alevines de tilapia

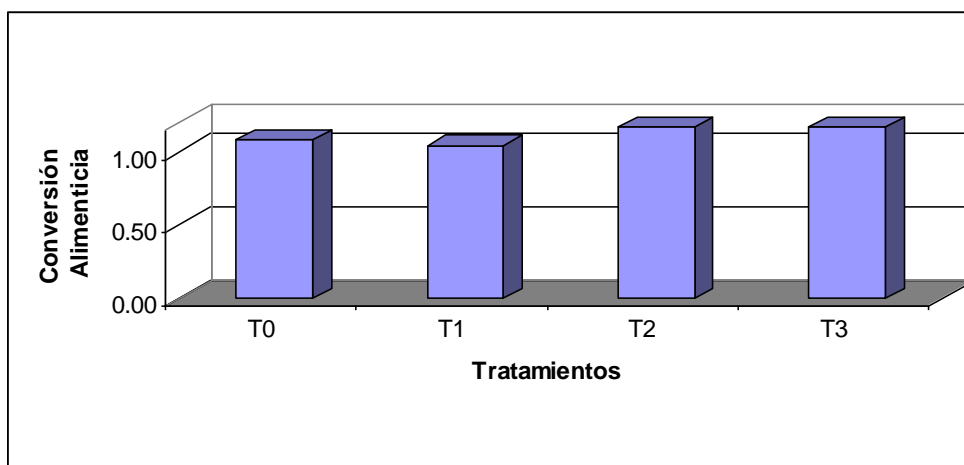


Tabla 15: Resultados de los parámetros Reproductivos

Tratamiento	Incremento de Talla (cm)	Ganancia de Biomasa(g/ Tratamiento)	Tasa de Crecimiento (g/día)	Conversión Alimenticia
T0	5.05	40.32	0.96	1.08
T1	5.07	42.03	1.00	1.04
T2	4.83	35.59	0.85	1.17
T3	4.83	35.39	0.84	1.17

4.5 Evaluación de la Composición Corporal

4.5.1 Composición de la Carcasa

En la tabla 16 se muestran los valores de los análisis proximales realizados antes y después de la ingesta de las dietas experimentales.

El contenido de proteína en el músculo disminuye con el consumo de la harina de camote. Se descarta que pueda deberse al factor inhibitorio tripsina, ya que al realizar la prueba de actividad ureásica se obtuvo como resultado 0.09% de actividad, valor comprendido entre los valores aceptados que van entre 0.05 – 0.5% (FAO, 1998). Por el contrario puede deberse a la reducción de las enzimas proteolíticas ante el incremento de carbohidratos en la dieta (Falge, 1978 citado por Hephher, 1993) probablemente por el aumento de secreción de amilasas necesarias para la digestión del almidón de la harina de camote, la cual parece ser menos digestible que la presente en otros carbohidratos.

También es probable que esta reducción se deba a la cantidad de energía proporcionada en las dietas, la cual pudo ser diferente de la formulación, puesto que se trabajó con valores de energía digestible estimados, al no haberse realizado pruebas anteriores de digestibilidad para la harina de camote.

No se presentó una relación directa entre el porcentaje de proteínas, lípidos y carbohidratos presentes en las dietas y las concentraciones encontradas en el músculo del pescado; más bien relación inversa con la cantidad de proteína por lo que nuevamente asumimos una disminución de la digestibilidad de las dietas con altos niveles de harina de camote.

La concentración de lípidos en el músculo no varió significativamente entre los tratamientos.

Tabla 16: Análisis Proximal de la Carcasa (%) al inicio y final del experimento

Componente	Inicial	Final			
		T0	T1	T2	T3
Humedad	76.9	74	74	74.6	75.9
Proteína	18.5	21.1	19	18.6	17.5
Grasa	2.8	4.5	5	4.8	4.3
Ceniza	1.8	2.3	2	2	2.3
Energía Total	99.2	124.9	121.0	117.6	108.7

4.5.2 Pigmentación del músculo

En todos los individuos analizados provenientes de los tratamientos usados, no se distinguió diferencia en la pigmentación. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Alvarez et al (2000) empleando harina de cáscara de naranjas, la cual contenía 39.68 mg Carotenoides Totales (C.T.) /lb, cantidad muy cercana a la contenida en la harina de camote (46.9 mg C.T. /lb) usada en la elaboración de las dietas experimentales. De estos resultados, se sugiere que las tilapias al igual que las carpas no pueden utilizar los β -carotenos como fuente de pigmentación, como lo propuso Meyers (1986).

4.6. Impacto económico

El mayor beneficio económico por pez la obtuvo el tratamiento T1 (10% de inclusión de camote), influido principalmente por el menor costo de la harina de camote y el mayor crecimiento.

En la tabla 17 se reporta el costo aproximado de alimento por kilogramo de pez para los tratamientos utilizados, así como la relación beneficio -costo.

Tabla 17: Relación beneficio - costo

COSTO DE ALIMENTACIÓN	T0	T1	T2	T3
Peso Final	51.20	52.81	46.23	45.87
Peso inicial	10.88	10.78	10.64	10.48
Ganancia de peso (Kg)	0.0403	0.0420	0.0356	0.0354
Costo/Kg Alimento (S/.)	1.68	1.63	1.58	1.58
Consumo/pez (Kg)	0.043	0.044	0.041	0.041
Costo/pez (S/.)	0.072	0.072	0.065	0.064
Relación Beneficio - Costo	0.55	0.59	0.55	0.55

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se realizó la experimentación se concluye:

1. Un 10% de inclusión de harina de camote cruda en la dieta para la alimentación de alevines de tilapia roja, produce mejoras en la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia, sin llegar a obtener diferencias significativas con la dieta testigo.
2. La inclusión de la harina de camote no ayuda a la hidroestabilidad de los pellets.
3. El porcentaje de proteína en la carcasa disminuyó conforme se incrementó el porcentaje de inclusión de la harina de camote cruda en la dieta.
4. Las tilapias no mostraron cambios en la pigmentación ante los β -carotenos presentes en la harina de camote.
5. Un 10% de inclusión de harina de camote otorga la mejor relación beneficio-costos.

VI. RECOMENDACIONES

- El valor recomendado de inclusión de harina de camote en dietas para alevines de tilapia roja es del 10%.
- Replicar este trabajo con dietas que contengan harina de camote sometida a cocción, de tal forma que favorezca su digestibilidad
- Incluir la harina de camote en dietas para la etapa de crecimiento de la tilapia roja para evaluar su efecto sobre los parámetros de crecimiento.
- Es necesario agregar algún aglutinante en futuras dietas que contengan harina de camote en altas proporciones para mejorar su hidroestabilidad.
- Trabajar con dietas que contengan otros pigmentos como luteína y zeaxantina con el objetivo de evaluar si influyen en la coloración del tejido muscular de las tilapias.
- Determinar la digestibilidad aparente de la harina de camote, con el fin de incluirlas adecuadamente en las raciones.
- Realizar pruebas para el uso de harina de camote utilizando dietas comerciales al mínimo costo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, M.; Hernández, J.; Rovero, R. ; Tablante, y Rangel, L. 2000. Alimentación de Tilapia con Raciones Parciales de Cáscara de Naranja. Copyright 2000 Asociación de Licenciados en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Galicia (ALTAGA) Vol. 3, N^a. 1, 29-33.
- Arredondo J., Campos R., Flores V., Garduño, H. y González F., 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Banco del Genoma de Tilapia. México.
- ALICORP. 2001. Manual de Crianza de Tilapia.
- Berman Y., 1997. Producción intensiva de Tilapia en Agua Fluyente, Aqua Corporación internacional. S.A. Cañas Costa Rica. en IV Simposiun Centroamericano de Acuicultura. Cultivo Sostenible de Camarón y Tilapia. Tegucigalpa Honduras.
- Bouwkamp, J., 1985. Sweet Potato Products: A Natural Resource for the Tropics. CRC Press. Inc. Boca Ratón, Florida. 270 pag.
- Bradbury, J.H. and Holloway, W.D. 1988. Chemistry of tropical root crops: significance for nutrition and agriculture in the Pacific, ACIAR Monograph Ser. N^a 6, Canberra.
- Castillo L., 2001. Tilapia Roja 2001 una Evolución de 20 Años, de la Incertidumbre al Éxito Doce Años Después.
- Castillo L., 1994. La Historia Genética e Hibridación de la Tilapia Roja. Santander de Quilichao Colombia S.A., Primera edición. Imprenta Ideal.
- Chou Y., 1992. Análisis Estadístico. Ed. Mc Graw-Hill. México.

Cronquist, A., 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York. 1262 pages.

Domínguez, P.L. 1991. Utilización del camote (*Ipomoea batatas*) en la alimentación de cerdos. Desarrollo de productos de raíces y tubérculos. Volumen II. CIP.

El Sayed A. M. y Teshima S., 1991. Tilapia Nutrition in Aquaculture. Reviews in Aquatic Science. 5(3-4): 247-265

FAO, 1992. Roots, Tubers, Plantains and Bananas in Animal Feeding. FAO Animal Production and Health paper N° 95. Rome, Italy. 287 pag.

FAO, 1998. Storage and Processing of Roots and Tubers in the Tropics. Edited by D.J.B. Calverley. Rome, Italy

FAO, 2003. State of World's Fisheries and Aquaculture 2002. Rome, Italy.

FAO, 2016. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Roma, Italia.

Fitzsimmons K. 1998. Introduction to Tilapia Nutrition University of Arizona. En Tilapia Aquaculture. Proceedings from the fourth international symposium on tilapia aquaculture. Orlando Florida. Volumen No 1.

Florez S. y Medrano L., 1997. Curso de Piscicultura Continental. Centro de investigación Palmira. Corpoica : Corporación Colombiana Agropecuaria Regional. No 5.

Hepher, B., 1988. Nutrición de Peces Comerciales en Estanques. Editorial Limusa. México. 316 pag.

Heisbroeck, L.T.N., 1990. Growth and Feeding of Fish. Department of Fish Culture and Fisheries Agriculture University. The Netherlands.

INIA. 1997. INA 100-INIA Nueva Variedad de Camote Amarillo. Serie Plegable N° 9 - 97

- Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). 1996. Fundamentos de Nutrición y Alimentación en Acuicultura. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Soler J. M.; Rodríguez, H.; Daza P., (Editores). Santa Fe de Bogotá-Colombia.
- Kanemitsu, T. y Aoe, H. 1987. On the studies of the salmon; II. Determination of muscle pigment. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 24:555-558.
- Lawson T. B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. Department of Biological engineering Louisiana state University. USA.
- Lim C., 1997. Nutrition y feeding of tilapia, en IV Simposio Centroamericano de Acuicultura, Cultivo Sostenible de Camarón y Tilapia. Tegucigalpa Honduras 1997
- Martinez, C. A. y Chávez de Martinez, M. C., 1988. Algunos aspectos de la nutrición de tilapias. Acuavisión, Revista Mexicana de Acuicultura 15:4-5.
- McGinty, A y Rakocy, J. 1989. Cage Culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. Publication No 281.
- Meyers, S. 1986. Carotenoids are important to aquaculture industries. Feedstuffs, 29:22-23
- Miller G. E. y Libey, G. S., 1984. Evaluation of a trickling biofilter in recirculating aquaculture system containing channel catfish. Aquacultural Engineering. 3:39-57.
- Ministerio de Agricultura (MINAG). 2004. Portal Agrario. Ejecución y Perspectivas de la información Agrícola Nacional.
- Ministerio de Agricultura y Riego. 2016. Boletín Estadístico de Producción Agrícola, Pecuaria y Avícola.
- Montoya, Jorge. 2002., “Efecto de Dos Niveles de Proteína y Energía Digestible en el Comportamiento Productivo de Alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*). Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú. UNALM. 75 p.

- Morales A., 1991. Tilapia en México (Biología, cultivo y Pesquerías). Editorial AGT S.A.
- National Research Council (NRC), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy press, Washington, D.C., USA. 114 pp
- Núñez, Maria Ines. 1995. "Utilización de la harina de Lombriz de Tierra (*Eisenia foetida*) como sustituto de la harina de pescado en la alimentación de post-larvas de *Macrobrachium rosenbergii*. Tesis Ing. Pesquero. Lima, Perú. UNALM. 84 pp
- Picha, D.H. 1985. Crude protein, minerals and total carotenoids in sweet potato. J.Food Sci. 50 (6): 1768-9
- Popma T. y Masser M., 1999. Tilapia, Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. Publication No 283.
- Popma. T. J., y Lovshin. L. L., 1996. Worldwide Prospect for Commercial Production of Tilapia. Research and Development Series No.41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Department of fisheries and Allied Aquacultures Auburn University. Alabama-USA.
- Purcell, A.E. 1962. Carotenoids of Goldrush sweet potato flakes. Food Technol. 16 (1): 99-102.
- Rice M. 1994. Evaluation of artificial Diets for cultured fish. Northeastern Regional Aquaculture Center. NRAC Fact Sheet N° 222.
- Solla S.A., 2000. Requerimientos de Temperatura para la Piscicultura. Colombia. 4 pag.
- Steffens W, 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. España.
- Stickney R. R. 1997. Tilapia Nutrition, Feeds and Feeding. Pages 34-54 in B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy eds. Tilapia Aquaculture Society. United States.

- Storebakken, T., No, H. K. y Choubert, G. 1991. Interaction between astaxanthin and vitamin A in atlantic salmon. Abstr. 4TH Int. Symp. Fish Nutrition and Feeding, Biarritz, France, 24-27 June.
- Tacon, A. 1989. Nutrición y Alimentación de Peces y Camarones Cultivados. Manual de Capacitación. Italia. 592 pp
- Takahata, Y.; Takahiro, N. y T. Nagata. 1992. Varietal diversity of free sugar composition in storage root of sweet potatoes. Japan J. Breed. 42: 515-521.
- Tamate, J. y Bradbury, J.H. 1985. Determination of sugars in tropical root crop using Cn.m.r. spectroscopy: comparison with the h.p.l.c. method. J. Sci. Food Agric. 36 (12): 1291-302.
- The Center for Tropical and Subtropical Aquaculture. (CTSA). 1993. Hawaii Aquaculture Module Expert System (HAMES)
- Torrison, O.J. 1985. Pigmentation of Salmonids: interaction of astaxanthin and cantaxanthin on pigment deposition in rainbow. Aquaculture, 49:363-374.
- Torrison, O.J., Hardy, R. W. y Shearer, K.D. 1989. Pigmentation of salmonids carotenoids deposition and metabolism. CRC. Crit. Rev. Aquat. Sci.,1:209-225.
- Van Hal, M. 2000. Quality of Sweet Potato Flour during Processing and Storage. Food Rev. Int., 16(1), 1-37 (2000). International Potato Center. Lima, Perú. 37 pag.
- Verástegui A., Vega E., Miglio M., 2001. Fluctuación del oxígeno y amonio resultantes de la alimentación de tilapia roja *Oreochromis spp.* En un sistema de recirculación experimental. Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina
- Vergara, J.L., 1990. “Elaboración de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) enriquecidos con quinua (*Chenopodium quinoa*)” Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Lima, Perú. UNALM. 114 pag.

Watanabe T., 1988. Fish Nutrition and Mariculture. JICA Textbook. The General Aquaculture Course.

Woolfe, J., 1992. SWEETPOTATO An Untapped Food Resource. Cambridge University Press. Great Britain. 643 pp.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Valores de Temperatura del ambiente (°C)

Semana	Temperatura		
	Máxima	Mínima	Promedio
1	32.6	26.8	29.7
2	32.4	26.7	29.5
3	32.5	26.6	29.5
4	32.4	26.6	29.5
5	31.9	26.3	29.1
6	30.4	25.3	27.9
Valor Máximo	32.6	26.8	29.7
Valor Mínimo	30.4	25.3	27.9
Promedio	32.0	26.4	29.2

ANEXO 2: Valores de Temperatura Promedio, Máxima y Mínima (°C)

Hora	08:00			12:00			16:00			Promedio Diario		
Semana	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
1	29.7	27.5	28.2	30.7	27.8	28.7	32.0	27.5	29.5	30.8	27.6	28.8
2	29.0	27.2	28.2	28.6	28.0	28.4	30.0	27.5	29.0	29.2	27.6	28.5
3	28.6	27.0	27.9	29.6	28.0	28.7	30.0	28.8	29.4	29.4	27.9	28.7
4	28.0	27.0	27.4	29.1	27.7	28.4	30.2	28.8	29.4	29.1	27.8	28.4
5	27.8	26.5	27.3	29.0	28.0	28.3	30.0	28.2	29.1	28.9	27.6	28.2
6	27.8	26.0	27.0	28.1	27.0	27.7	29.8	28.0	28.8	28.6	27.0	27.8
PROMEDIO	28.5	26.9	27.7	29.2	27.8	28.4	30.3	28.1	29.2	29.3	27.6	28.4

ANEXO 3: Valores de Concentración de Amoniac (mg/L)

SEMANA	08:00	12:00	15:00	PROMEDIO
1	0.003	0.003	0.004	0.003
2	0.003	0.003	0.005	0.004
3	0.003	0.005	0.007	0.005
4	0.003	0.004	0.005	0.004
5	0.003	0.005	0.005	0.005
6	0.003	0.004	0.004	0.004
MÁXIMA	0.003	0.005	0.007	0.005
MÍNIMA	0.003	0.003	0.004	0.003
PROMEDIO	0.003	0.004	0.005	0.004

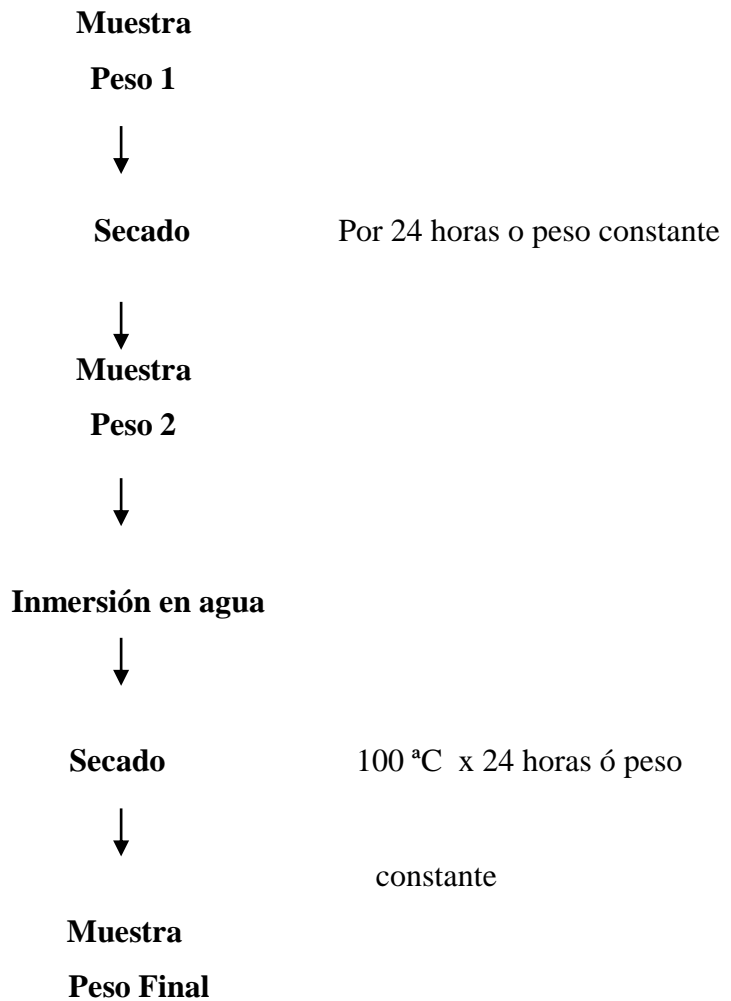
ANEXO 4: Valores de Potencial de Hidrógeno (pH)

SEMANA	08:00	12:00	15:00	PROMEDIO
1	7.7	7.4	7.4	7.5
2	7.7	7.6	7.6	7.6
3	7.7	7.5	7.5	7.5
4	7.6	7.5	7.4	7.5
5	7.6	7.4	7.3	7.4
6	7.5	7.4	7.2	7.4
MÁXIMA	7.7	7.6	7.6	7.6
MINIMA	7.5	7.4	7.2	7.4
PROMEDIO	7.6	7.5	7.4	7.5

ANEXO 5: Valores de Oxígeno Disuelto (mg/L)

SEMANA	08:00	12:00	15:00	PROMEDIO
1	6.42	5.47	4.98	5.63
2	6.33	5.93	5.81	6.02
3	6.44	5.63	5.39	5.82
4	6.57	5.75	5.27	5.86
5	6.43	5.42	4.85	5.57
6	6.63	5.36	4.82	5.60
MÁXIMA	6.63	5.93	5.81	6.12
MINIMA	6.33	5.36	4.82	5.50
PROMEDIO	6.47	5.59	5.18	5.75

ANEXO 6: Diagrama de Flujo de la Prueba de hidroestabilidad descrita por Núñez, 1995



ANEXO 7: Análisis de varianza para la prueba de hidroestabilidad

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Repetición	1	0.83626667	0.83626667	164.17	<.0001
Tratamiento	3	0.57156667	0.19052222	41.71	0.0002
Tiempo	2	0.24225833	0.12112917	26.52	0.0010
Trat. X T	5	0.02740833	0.00456806	0.90	0.5299
Error	11	0.05603333	0.00509394		

Coef. Var. = 7.54

ANEXO 8: Porcentaje de Supervivencia por unidad experimental

Unidad Experimental	Número Inicial	Número Final de Peces	Supervivencia
T0R1	20	20	100
T0R2	20	20	100
T0R3	20	19	95
T1R1	20	20	100
T1R2	20	20	100
T1R3	20	19	95
T2R1	20	20	100
T2R2	20	20	100
T2R3	20	20	100
T3R1	20	20	100
T3R2	20	20	100
T3R3	20	20	100

ANEXO 9: Análisis de Variancia de la Supervivencia

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Tratamiento	3	0.0008	0.0003	0.66	0.6
Error	8	0.0033	0.0004		
Total	11	0.0042			

ANEXO 10: Consumo de alimento (g) por Tratamiento

Semana	T0	T1	T2	T3
1	275.83	273.38	269.83	265.69
2	362.04	356.09	338.46	332.95
3	390.11	385.99	383.09	372.83
4	481.60	476.42	445.67	437.11
5	543.80	540.10	502.80	495.60
6	516.12	587.61	533.57	531.83
TOTAL	2,569.50	2,619.59	2,473.42	2,436.01

ANEXO 11: Valores de Peso (g) y Talla (cm) Total promedio

SEMANA	T0		T1		T2		T3	
	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla
0	10.88	8.22	10.78	8.22	10.64	8.18	10.48	8.22
1	15.47	9.29	15.22	9.20	14.46	9.13	14.23	9.08
2	21.65	10.36	21.08	10.30	19.98	10.07	19.45	10.10
3	27.44	11.22	27.80	11.14	25.39	10.93	24.91	10.87
4	35.02	11.99	35.17	11.88	32.23	11.80	31.77	11.75
5	43.45	12.59	43.72	12.62	39.24	12.48	38.96	12.38
6	51.20	13.27	52.81	13.29	46.23	13.01	45.87	13.05

ANEXO 12: Peso promedio semanal ajustado por el peso inicial (g) por Tratamiento

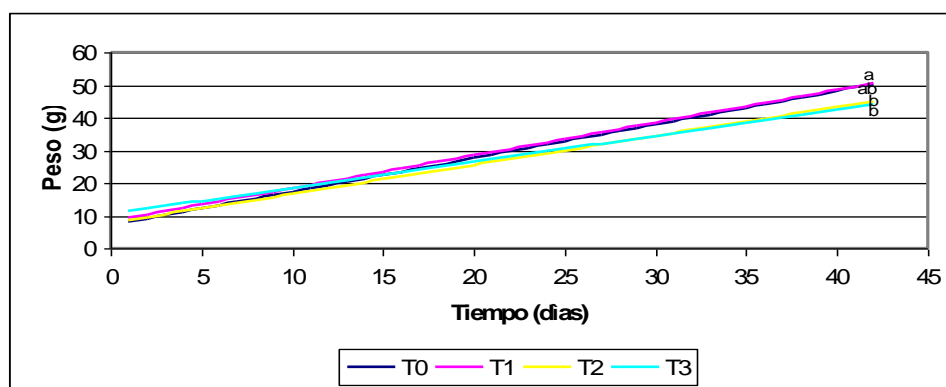
SEMANA	T0	T1	T2	T3
0	10.88	10.78	10.64	10.48
1	15.27	15.27	14.70	14.68
2	21.25	21.21	20.28	20.11
3	26.89	28.01	25.78	25.85
4	34.15	35.78	32.68	32.90
5	42.85	44.51	39.59	40.26
6	50.55	53.93	46.59	47.46

ANEXO 13: Análisis de Co-Variancia de la Tasa de Crecimiento

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Tratamiento	3	2307.60252	769.20084	27.04	<.0001
Rep (Trat.)	8	1393.27791	174.15974	6.12	<.0001
Fecha inicio	1	159203.137	59203.137	2081.19	<.0001
Error	189	5376.44164	28.44678		
Total	201	68280.4598			

Coef. Var. = 10.75

ANEXO 14: Regresión lineal simple efectuada a la Tasa de Crecimiento



ANEXO 15: Prueba de “t” de comparación de medias

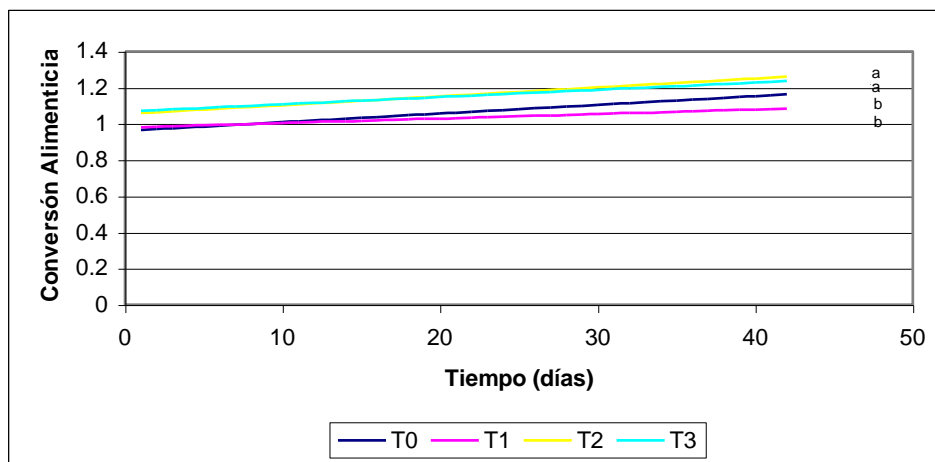
I/j	T0	T1	T2	T3
T0		0.2372	0.1702	0.2724
T1	0.2372		0.0235	0.0391
T2	0.1702	0.0235		0.7494
T3	0.2724	0.0391	0.7494	

ANEXO 16: Análisis de Variancia de la Conversión Alimenticia

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Tratamiento	3	0,230303	0,076767	6.60	0.0006
Error	68	0,790761	0,011629		
Total	71	1.021064			

Coef. Var. = 9.67

ANEXO 17: Regresión lineal simple efectuada a la Conversión Alimenticia



ANEXO 18: Características Físicas e Hidráulicas del Sistema de Recirculación, tomado de Verástegui et al. (2002)

Componente	Parámetro	Dimensión Características	Unidad
Unidad de Cultivo	Caudal	Dependiente de la densidad	
	Caudal / acuario	5	Lpm
	Volumen neto	57	Litros
	Caudal Total	80	Lpm
	Volumen Total	80	Lpm
	Tiempo de residencia	11,4	Min.
	Control de nivel	Rebose, tubo vertical	
Tanque sedimentador, filtro mecánico,	Tipo	Sedimentador de placas/tamiz de perlón	
	Número de placas	12	
	Área de placa	0,13	m ²
	Área Total de placas	1,56	m ²
	Angulo de inclinación	60	Grados
	Volumen total de agua	500	L
	Tasa hidráulica de carga	230	m ³ m ⁻³ d ⁻¹
		74	m ³ m ⁻³ d ⁻¹
Tiempo de residencia	6,25	Min.	
Biofiltro	Tipo	Flujo descendente	
	Características de medio filtrante		
	Tipo	Tubo de malla plástica	
	Superficie específica	117	m ² m ⁻³
	Fracción de vacíos	0,96	
	Altura de lecho filtrante	0,62	m ³
	Volumen de lecho filtrante	0,066	m ³
	Volumen total de agua	0,05	m ³
Tasa de Carga hidráulica	345,6	m ³ m ⁻³ d ⁻¹	

“...continuación”

		2,24	$m^3m^{-3}d^{-1}$
	Tiempo de residencia	19	s
	Caudal	12	$l\ min^{-1}$
Bomba	Características		
	Tipo	Centrífuga	
	Tamaño	0,5	HP
	Revoluciones por minuto	3450	RPM
	Carga de trabajo hidrostática	5,5	m
	Descarga (total impulsión)	0,123	m^3min^{-1}
	Línea de Succión	1,5	pulg
	Rebose en tanque regulador	1,5	pulg
	Caudal Rebose en tanque	40	Lpm
Sistema general	Volúmenes de:		
	Cultivo	0,91	m^3
	Sedimentador	0,5	m^3
	Biofiltro	0,05	m^3
	Tanque regulador	0,7	m^3
	Tuberías	0,05	m^3
	Total Volumen	2,21	
	Ingreso de agua fresca	75	Ld^{-1}
	Recambio de agua fresca	3,4	$\%,d^{-1}$