

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE NUTRIENTES EN LA DIETA Y LA
TEMPERATURA DEL AGUA SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO DE TILAPIA *Oreochromis niloticus* EN LA COSTA DE
LA REGIÓN LA LIBERTAD.**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ROY MACEDO MACEDO

TRUJILLO, PERÚ
2014

La presente Tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Ing. Zoot. Dr. Wilson Castillo Soto
PRESIDENTE

Ing. Zoot.MSc. Mario Narro Saldaña
SECRETARIO

Ing. Zoot. Mg. Carlos Centurión Cabanillas
VOCAL

Med.Vet. Mg. César Lombardi Pérez
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y darme la oportunidad de alcanzar ésta meta.

Le dedico este trabajo especialmente a mi hermano James y mi cuñada Karin, que en todo momento me brindaron su apoyo y comprensión, a quienes debo ésta meta que hoy he alcanzado.

A mis queridos padres, James y Florita, por cuidar mis pasos, por darme su mano en todo momento a lo largo de la vida por estar siempre conmigo dándome su apoyo incondicional, por depositar su confianza en mi y así poder culminar mis estudios universitarios.

AGRADECIMIENTO

A mi Asesor, Dr. César Lombardi Pérez, por su gran apoyo y orientación del presente trabajo, no hubiese sido posible sin la aportación de sus conocimientos que fortalecieron en mucho la investigación para la finalización de mi tesis.

Al Dr. Wilson Castillo Soto, Director de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por su apoyo y aporte de sus conocimientos, además por estar detrás del avance de la investigación durante el desarrollo del trabajo.

A la Dra. Isabel Tirado Rengifo, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran confianza que tiene en mí.

También me gustaría agradecer a mis profesores de toda mi carrera universitaria por que todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

A mi familia, por que de una u otra forma, con su apoyo moral me han incentivado a seguir adelante a lo largo de toda mi vida.

A mi sobrinito Renzo Mateo, a quien adoro y llena mi vida de alegrías.

Y a todas las personas que desinteresadamente me ayudaron a culminar mis estudios universitarios.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	3
2.1. Generalidades sobre la crianza de tilapia	3
2.2. Temperatura ambiental y proceso digestivo	4
2.3. Temperatura ambiental y densidad de nutrientes de la dieta de tilapia	5
2.4. Temperatura ambiental y variación hematológica en peces	7
2.5. Condiciones y parámetros de cultivo de la crianza de tilapia	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	12
3.1. Lugar de ejecución.....	12
3.2. Animales y alimentación	12
3.3. Instalaciones	13
3.4. Diseño metodológico.....	15
3.5. Tratamientos	15
3.6. Variables dependientes.....	16
3.7. Análisis estadístico.....	17
IV. RESULTADOS	19
4.1. Parámetros físico- químicos del agua.....	19
4.2. Comportamiento productivo	20
V. DISCUSIÓN	23
5.1. Parámetros físico- químicos del agua.....	23
5.2. Comportamiento productivo.....	24

VI. CONCLUSIONES.....	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII.BIBLIOGRAFÍA	29
IX. ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición porcentual y nutricional de las dietas para tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) según la densidad de nutrientes.....	14
2. Parámetros del agua durante el periodo experimental	19
3. Promedios de desempeño productivo y viabilidad de tilapias, criadas a diferentes temperaturas y densidad de nutrientes, durante 89 días.	21
4. Promedios de desempeño productivo y viabilidad de tilapias, comparados en cada factor de evaluación.....	22

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Temperatura promedio del agua durante el periodo experimental (Ta: temperatura ambiente, T27: temperatura controlada a 27 °C). ...	20

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°	Página
1. Cuadros Estadísticos.....	34

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto de la temperatura del agua y densidad de nutrientes de la dieta sobre el comportamiento productivo de tilapia en el proceso de adaptación a la costa de la región La Libertad. Se utilizaron 480 alevinos de tilapia con peso promedio inicial de 3.86 ± 0.65 g, distribuidos en tanques subdivididos en espacios de 250 L de agua, a través de un diseño de bloques completo al azar con arreglo factorial 2×2 (niveles de temperatura, Ta: temperatura ambiente y T27: temperatura de 27°C y; densidades de nutrientes en la dieta, DB: dieta base y D20: DB más 20 % de densidad de nutrientes), con cuatro repeticiones y considerando como factor de bloqueo al peso de los alevinos. Los valores de pH, amoníaco y nitritos medidos en los tanques durante el experimento se mantuvieron en niveles aceptables; la temperatura del agua se mantuvo entre 22.8 y 23.4 °C para los tratamientos de temperatura ambiente y entre 27.8 y 27.9 °C para los tratamientos con temperatura controlada. No se encontró interacción significativa entre la temperatura del agua y la densidad de nutrientes. La temperatura de 27°C generó en los peces mayor ganancia de peso y mayor consumo de alimento ($P < 0.05$) en relación a aquellos criados en agua con temperatura ambiente, motivado por una mejor digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes; en tanto que mayores niveles de nutrientes en las dietas no mejoraron en el comportamiento productivo de la tilapia.

ABSTRACT

In order to determine the effect of water temperature and nutrient density of the diet on the productive performance of tilapia in the process of adaptation to the coast of La Libertad region, 480 tilapia young fish were used with an average weight of 3.86 ± 0.65 g, distributed in tanks subdivided into two spaces of 250 l of water, through a complete block design with factorial arrangement 2×2 (levels of temperature, Ta: room temperature and T27: temperature of 27 °C; nutrient density in the diet, DB: basal diet and D20 : DB 20% more nutrient density) with four replicates and considering blocking factor as the weight of the young fish. The pH, ammonia and nitrite values measured in the tanks during the experiment remained at acceptable levels; the water temperature was maintained between 22.8 and 23.4 °C for the treatments with room temperature, and between 27.8 y 27.9 °C for the treatments with controlled temperature. No significant interaction between the water temperature and nutrient density was found. The temperature of 27 °C resulted in fish greater weight gain and higher feed intake ($P < 0.05$) compared to those reared in water with room temperature, caused by better digestibility and utilization of nutrients, while higher levels of nutrients in the diets did not improve growth performance of tilapia.

I. INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez introducido y adaptado a las condiciones tropicales del Perú. Su cultivo se ha venido desarrollando en la selva alta y en la costa norte, vinculándose al aprovechamiento de represas y cultivos en jaulas (Ministerio de la Producción, 2009).

Por presentar gran habilidad en aprovechar el alimento natural disponible en el ambiente de cultivo (Kubitza, 2000), es común la producción de este pez en sistemas extensivo y semi intensivo que se caracterizan por adoptar una estrategia de alimentación basada solamente en la productividad natural del ambiente y por la combinación de dietas artificiales y alimento natural, respectivamente (Tacón, 1989; Castagnolli, 1992). Sin embargo, la crianza en sistemas intensivos ha ganado espacio en los últimos años buscando obtener máxima producción de peces por área con la utilización de dietas balanceadas (Marengoni, 2006).

Como la tilapia es un animal exotérmico, la temperatura del medio donde vive influye en su metabolismo fisiológico afectando los procesos de digestión y su performance (Piedras et al., 2004 y García y col., 2012). La temperatura apropiada para un buen crecimiento y reproducción de las tilapias fluctúa entre 27 a 29°C (Saavedra, 2006). Cuando son sometidos a temperaturas altas (30°C), estos peces presentan mejor tasa de crecimiento y conversión alimenticia (Moura et al., 2009).

En el Perú, según Baltazar y Palomino (2004), la acuicultura está orientada principalmente al cultivo de camarones peneidos (*Litopenaneus vannamei*), concha u ostión abanico (*Argopecten purpuratus*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y tilapia (*Oreochromis* spp.). La tilapia es la segunda especie que se cultiva en el Perú, después de la trucha, habiéndose incrementado de 46 t del año 2000, para 2013 t al 2010(Mendoza, 2011).

La región de la Libertad presenta una producción acuícola de 63.5 t el 2010 que significa el 0.07% de la producción nacional (Mendoza, 2011), demostrando que existe todo un potencial por los recursos hídricos existente y con posibilidad de ser explorados. Si consideramos a la tilapia un pez promisor, adaptable a temperatura del agua de la costa de nuestra región, entonces es necesario desarrollar investigaciones que demuestren su adaptabilidad y producción bajo estas condiciones ambientales. Es por ello que planteamos este primer trabajo buscando minimizar el efecto ambiental en la crianza de tilapias, alimentándolas con dietas con alta concentración de nutrientes, tentando asegurar una mayor ingestión de los mismos aún con bajos consumos de alimento ocasionados por las temperaturas menores a las de confort.

Ha sido el objetivo del trabajo determinar el efecto de la temperatura del agua y densidad de nutrientes de la dieta sobre el comportamiento productivo de tilapia y la sobrevivencia en la fase de alevinos.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. Generalidades sobre la crianza de tilapia

Las tilapias son peces endémicos originarios de África y el cercano Oriente y aprovechando sus características de rusticidad, se consideran ideales para la piscicultura rural (Baltazar y Palomino, 2004), por presentar gran habilidad en aprovechar el alimento natural disponible en el ambiente de cultivo.

Entre las características biológicas que presenta se encuentran: la gran capacidad de adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales (sobre todo a cambios bruscos de temperatura), mayor resistencia a enfermedades, mejor conversión alimenticia representando altos rendimientos; mayor tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno, mayor tolerancia al hacinamiento dentro del estanque y cierta tolerancia al agua salobre (Baltazar y Palomino, 2004).

En los actuales sistemas de producción se emplea a la tilapia, por el hecho de poseer gran rusticidad y tolerar altas densidades de cultivo. De esta forma, la dieta debe atender a las exigencias de los peces, pues el confinamiento limita el acceso a otras fuentes de alimentos (Sampaio y Braga, 2005; Furuya y col., 2004; Marengoni, 2006).

2.2. Temperatura ambiental y proceso digestivo

La eficiencia de la catálisis enzimática depende del medio. La estructura y la forma del centro activo de las enzimas pueden ser afectadas por agentes capaces de cambiar la conformación de las proteínas enzimática. Por ese motivo, es importante el control de las características del medio donde se desarrollan los peces, como el pH y la temperatura (Baltazar y Palomino, 2004).

En temperaturas próximas a 0°C, la actividad de las enzimas digestivas es prácticamente nula, aumentando con la elevación gradual de la temperatura (Lehninger y col., 1995). El aumento de la actividad enzimática solo ocurre en cuanto la enzima conserva su estructura original. En temperaturas sobre 50°C, la mayoría de las enzimas son desnaturalizadas, conllevando a alteraciones en su conformación ya la pérdida del poder de acción.

Investigaciones han mostrado que en temperaturas elevadas, existe un mayor consumo de dietas por las tilapias, estimulando al páncreas a producir mayor cantidad de amilasa debido al aumento de la concentración del almidón en el intestino. La presencia de alimento en el tracto digestivo resulta en estímulos hormonales (colecistoquinina - CCK) que actúan en el páncreas, órgano responsable por la producción de diversas enzimas digestivas (Lovell, 1998). Con el mejor aprovechamiento

del almidón como fuente energética, la proteína es economizada para la función estructural, es decir, desarrollo de los tejidos. Todo ello se refleja en el comportamiento de las tilapias con aumento de la temperatura, lo que proporciona mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia (Moura y col., 2007).

Cuando las tilapias son criadas a 32°C, éstas consumen 10,27 veces más alimento que aquellas criadas a 20°C. Al elevar la temperatura, la actividad de la amilasa aumentó y la actividad específica disminuye, mostrando que el páncreas no produce amilasa en proporciones directas a la cantidad de substrato que llega al duodeno (Moura et al., 2007). Sin embargo, la acción catalítica de la amilasa aumenta, promoviendo mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes por los peces. Esa reducción en la producción de la enzima, se cree que es una medida economizadora de energía y proteína y permite que estos nutrientes sean utilizados para ganancia de peso.

2.3. Temperatura ambiental y densidad de nutrientes de la dieta de tilapia

El sistema intensivo ha sido la técnica de crianza más difundida y adoptada por criadores de peces. En este sistema, los peces son expuestos a diversos agentes estresores, que pueden ocasionar alteraciones perjudiciales a su condición fisiológica. Muchos agentes están

relacionados a las características físico-químicas del agua, como por ejemplo, la temperatura; los cambios bruscos de ésta, principalmente durante el invierno, pueden disminuir la resistencia orgánica de los peces (Baltazar y Palomino, 2004).

El estado nutricional del animal, por ser consecuencia directa e indirecta de la cantidad y calidad de los nutrientes disponibles en la dieta, puede ser positivamente alterado. De ese modo, en virtud de la amplia participación metabólica, varios aspectos de la dieta pueden preparar al pez para situaciones adversas. La vitamina C, los lípidos y sus constituyentes ejercen en los peces funciones esenciales y dinámicas en el mantenimiento del crecimiento, de la homeostasia, de la eficiencia alimenticia, de la reproducción y de la calidad de la carne (Lim y col., 2001) y consecuentemente favorece el equilibrio orgánico.

Las grasas son el depósito primario de energía, acumulada en forma de triglicéridos para ser utilizada en situaciones desfavorables (Chou y Shiau, 1996). Pérdida de peso en invierno en razón de la pequeña reserva de grasa fue reportada por Lemly (1996), quien observó que durante el invierno los peces presentaron quema acelerada y agotamiento de las reservas lipídicas, comprobando la necesidad de adecuada reserva para no deteriorar las condiciones corporales de los peces. Falcón y col. (2007) alimentaron tilapias con dietas con diferentes contenidos de grasa y

demonstraron que la energía adicional proveniente de las grasas fue depositada en la cavidad abdominal en forma de grasa visceral, sirviendo como reserva para eventuales necesidades.

Si bien estos estudios han mostrado una mayor densidad de grasa en las dietas que conllevan a mayor deposición de grasa visceral en el metabolismo intermediario como producto de la integración metabólica, cualquier nutriente en exceso es derivado a la síntesis y deposición de grasa (Lehninger y col., 1995).

2.4. Temperatura ambiental y variación hematológica en peces

La hematología es bastante utilizada para evaluar el estado de salud animal por intermedio de análisis sanguíneo. La sangre es un tejido líquido, móvil, de tipo conjuntivo que está en equilibrio con prácticamente todos los otros tejidos, constituyendo una de las grandes fuerzas homeostáticas del organismo. Ésta distribuye calor, transporta gases producto de la respiración, nutrientes y productos de excreción, además de actuar en la defensa del organismo. El volumen de sangre de los peces (sin estrés) es alrededor de 1.5 a 3.0% de peso vivo en teleósteos y cerca de 6,0% en los elasmobranquios (Ranzani-Paivay Silva-Souza, 2004).

Los peces tienen varios centros hematopoyéticos (riñones, bazo, hígado, entre otros). En caso que una enfermedad comprometa el principal centro hematopoyético, otros órganos pueden asumir la producción de células. Así, es difícil la caracterización del cuadro leucocitario de los peces con lesión de órganos (Feldman y col., 2000).

Los estudios han demostrado que la nutrición adecuada y las condiciones ambientales pueden tener acción sobre la eritropoyesis de los peces (Fernández Júnior et al., 2010 y Signor y col., 2010). Anteriormente, Pickering (1981) clasificó los principales agentes estresores en un sistema de producción de peces: factores químicos (calidad de agua, contaminación, composición de la dieta y residuos metabólicos), biológicos (densidad poblacional, presencia de otras especies de peces y de microorganismos), físicos (temperatura, luz, sonidos y gases disueltos) y de manejo (manipulación, transporte y tratamiento de enfermedades). Considerando que el metabolismo de los peces sufre influencia directa de la temperatura del agua, este factor ha sido considerado como el principal agente estresante cuando se encuentra fuera de la zona de confort de la especie.

Las principales consecuencias fisiológicas en condiciones de estrés para peces son desequilibrio iónico y osmótico y alteraciones hematológicas (Mariano y col., 2009), hormonales, metabólicas (Moraes y col., 2004) y en la excreción de los productos nitrogenados.

La alteración en el mantenimiento de los parámetros hematológicos de los peces en condiciones de baja temperatura (estrés crónico) fue descrito por Falcon y col. (2007), al evaluar el estado de salud de tilapias alimentadas con dietas conteniendo suplementación de vitamina C y grasas, y por Signor y col. (2010), también con tilapias alimentadas con niveles de levadura y zinc en dietas prácticas, demostrando en ambos casos alteraciones en las constantes hematológicas por las bajas temperaturas.

2.5. Condiciones y parámetros de cultivo de la crianza de tilapia

Las Tilapias cultivadas habitan por lo general en aguas lenticas (poca corriente), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas donde se alimentan y reproducen, bajo estas condiciones diferentes y variables es importante considerar la medición de la calidad de agua para garantizar un crecimiento adecuado (Boyd y Tucker, 1998). Según Pickering (1981), el oxígeno, el pH, el nitritos, amonio y la temperatura son los parámetros físico-químicos de mayor cuidado en el cultivo de especies acuáticas.

Oxígeno: la Tilapia puede vivir en condiciones ambientales adversas debido precisamente a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aún cuando la presión parcial de este último sea baja. Asimismo, la

Tilapia tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja (inferior a 3 mg/l).

pH: el pH mide el grado de acidez y alcalinidad del agua. La mayoría de las aguas naturales tiene un pH que varía entre 5 y 10. El rango óptimo está entre 6.5 a 9. El pH en el agua fluctúa en un ciclo diario, principalmente influenciado por la concentración de CO₂, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a neutro con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel.

Nitritos: es un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoníaco a nitratos. La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua. Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando concentraciones altas de amonio en el agua.

Amonio (NH₃): es un producto de la excreción, orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces es un elemento tóxico. Es importante mantener menor 2.0 ppm.

Temperatura: la temperatura es un parámetro que se debe verificar en cualquier cuerpo de agua donde queramos desarrollar el cultivo de peces. El rango óptimo de temperatura es de 28-32°C. Cuando la temperatura disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C los peces no sobreviven mucho tiempo. (Baltazar y Palomino, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Lugar de ejecución.

El experimento se realizó en la unidad de peces, ubicado en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, bajo condiciones de clima de la costa de la región La Libertad.

3.2. Animales y alimentación

Se utilizaron 480 alevinos de tilapia procedentes de criaderos de la ciudad de Tarapoto. Los alevinos fueron transportados en bolsas de polietileno en las que se colocaron agua, peces y oxígeno. Los peces permanecieron en tanques de aclimatación por un periodo de un mes, en donde se controló la temperatura del agua de 27°C a 28°C.

Los alevinos con peso promedio de 3.86 ± 0.65 g fueron distribuidos en las divisiones de los tanques, donde permanecieron durante el experimento que comprendió tres meses. Se colocaron los peces con una densidad de 30 peces/división.

Los peces recibieron dietas según el tratamiento asignado a cada tanque, el suministro se realizó *ad libitum* cuatro veces al día (8, 11, 14 y 17 h), evitando el exceso de sobras en el tanque. La dieta base (DB)

fue formulada para atender a las necesidades de los peces, según las recomendaciones de las Tablas Brasileiras para a Nutrição de Tilapias (2010). La dieta con alta densidad de nutrientes (D20) se formuló incrementando la concentración de energía digestible y de todos los nutrientes en 20 % respecto a la dieta base (Cuadro 1).

3.3. Instalaciones

El galpón donde se desarrolló la investigación se construyó con vigas y postes de fierro, techo de planchas de plástico a dos aguas y cubierto con manta en las paredes laterales. Dentro del galpón se acondicionaron tanques de concreto armado de 500 l cada uno, de los cuales 8 tanques fueron utilizados y divididos en dos partes con marcos de madera y malla tipo mosquetero, donde se encontraban distribuidas las unidades experimentales. El suministro de agua, de aireación y el filtrado fueron acondicionados en dos grupos de cuatro tanques cada uno, mediante un sistema de circulación abierta. En cada tanque de uno de los grupos se instalaron una resistencia de 1200 W de potencia para mantener la temperatura del agua controlada de 27°C a 28°C.

Cuadro 1. Composición porcentual y nutricional de las dietas para tilapia
(*Oreochromis niloticus*) según la densidad de nutrientes.

Ingredientes	Tipo de dieta ¹	
	DB	D20
Maíz	45.78	15.13
Torta de soya	31.70	26.73
Aceite de soya	0.00	6.00
Hna. de pescado	15.00	25.00
Afrecho de trigo	1.00	1.00
Carbonato de Calcio	0.88	0.57
Soya integral	4.19	25.00
Pre mezcla de minerales y vitaminas	0.10	0.10
Sal	0.50	0.40
Fosfato bicálcico	0.85	0.07
Total	100.00	100.00
Valor nutritivo		
Proteína, %	29.73	39.05
ED, kcal/kg	3038.00	3643.00
Ca, %	1.20	1.30
P disp., %	0.65	0.78
Lis, %	1.88	2.65
Met, %	0.58	0.81
Tre, %	1.21	1.59
Met+Cis, %	0.95	1.26

¹Tipo de dieta:

DB= Dieta formulada para atender las necesidades de tilapia (Tablas Brasileiras para a Nutrição de Tilapias, 2010).

D20= Dieta formulada con 20% de incremento de nutrientes en relación a DB.

3.4. Diseño metodológico

En la investigación se evaluaron dos variables independientes:

- a. Temperatura del agua donde fueron criados los peces: temperatura ambiente (Ta) y temperatura de 27°C (T27).
- b. Densidad de nutrientes en la dieta: Dieta base (DB) y dieta con 20 % más de nutrientes (D20).

La temperatura ambiente fue la que se presentó en el agua de los tanques, la misma que fluctuó entre 20 a 24 °C; la temperatura de 27°C a 28°C se consiguió con fuentes de calefacción regulada por termostato.

3.5. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la interacción de dos niveles de temperatura (Ta: temperatura ambiente y T27: temperatura de 27°C) y dos densidades de nutrientes en la dieta (DB: dieta base y D20: DB más 20 % de densidad de nutrientes).

TaDB = Temperatura ambiente y dieta base.

TaD20= Temperatura ambiente y dietabase más 20 % de nutrientes.

T27DB= Temperatura de 27°C y dieta base.

T27D20= Temperatura de 27°C y dieta base más 20 % de nutrientes.

3.6. Variables dependientes

a. Indicadores de performance

- Consumo diario de alimento (CDA, g)
- Ganancia diaria de peso (GDP, g)
- Conversión alimenticia (CA, g/g).
- Tasa de sobrevivencia (%)

b. Indicadores físico-químicos del agua

- Temperatura
- pH
- Amonio
- Nitritos

3.6.1. Metodología para determinar indicadores de performance

El consumo diario de alimento, ganancias diarias de peso y conversión alimenticia fueron calculados a partir de los datos de peso vivo y consumo de alimento. La tasa de sobrevivencia se calculó descontando la mortalidad de los peces.

3.6.2. Metodología para indicadores físico-químicos del agua

Diariamente, la limpieza de los tanques fue realizada por sifoneo para mantener una adecuada calidad de agua.

La temperatura se registro diariamente; semanalmente se monitoreo los parámetros acuáticos como pH, concentración de amonio y nitritos del agua, este procedimiento se repitió durante todo el período experimental según las recomendaciones de Boyd y Tucker (1998).

3.7. Análisis estadístico

Los alevinos fueron distribuidos en cada división de los tanques, utilizando un diseño de bloques completo al azar (DBCA) con arreglo factorial 2x2 (temperatura del agua y densidad de nutrientes de la dieta) con cuatro tratamientos y cuatro bloques, compuesta por 30 alevinos en cada unidad experimental. El factor de bloqueo fue el peso de los alevinos al inicio del experimento.

El modelo lineal aditivo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_i B_j + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación cualquiera, que corresponde al i-ésimo tratamiento.

μ = Media general o media poblacional

A_i = Efecto de la temperatura del agua (i: 1, 2)

B_j = Efecto de la densidad de nutrientes en la dieta (j: 1, 2)

AxB = Efecto de la interacción de la temperatura por la densidad
de nutrientes de la dieta

Eijk = Error Experimental

Los resultados de cada variable evaluada, se analizó mediante el análisis de variancia y los promedios fueron comparados por la prueba de Tukey, usando el programa estadístico Estat de la Universidad Estadual Paulista, UNESP, SP -Brasil.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros físico- químicos del agua

Los valores promedios de pH, amoníaco y nitritos del agua, medidos durante el experimento y en cada grupo de temperatura son mostrados en el Cuadro 2, observándose que el sistema de circulación mantuvo la calidad de agua en niveles aceptables.

Cuadro 2. Parámetros del agua durante el periodo experimental

Parámetros	Temperatura ambiente	Temperatura de 27°C	Niveles recomendados ¹
pH	6.70	7.06	6.5 – 9.0
Amoniaco, ppm	0.5	0.5	< 2.0
Nitritos, ppm	0.035	0.023	< 0.1

¹Fuente: Baltazar y Palomino (2004).

La temperatura promedio del agua medida a las 8:00 y 17:00 h se mantuvo constante en los tanques con temperatura controlada, sin embargo varió de 22.8 a 23.4 °C en tanques mantenidos a temperatura ambiente y de acuerdo a la hora registrada (Figura 1).

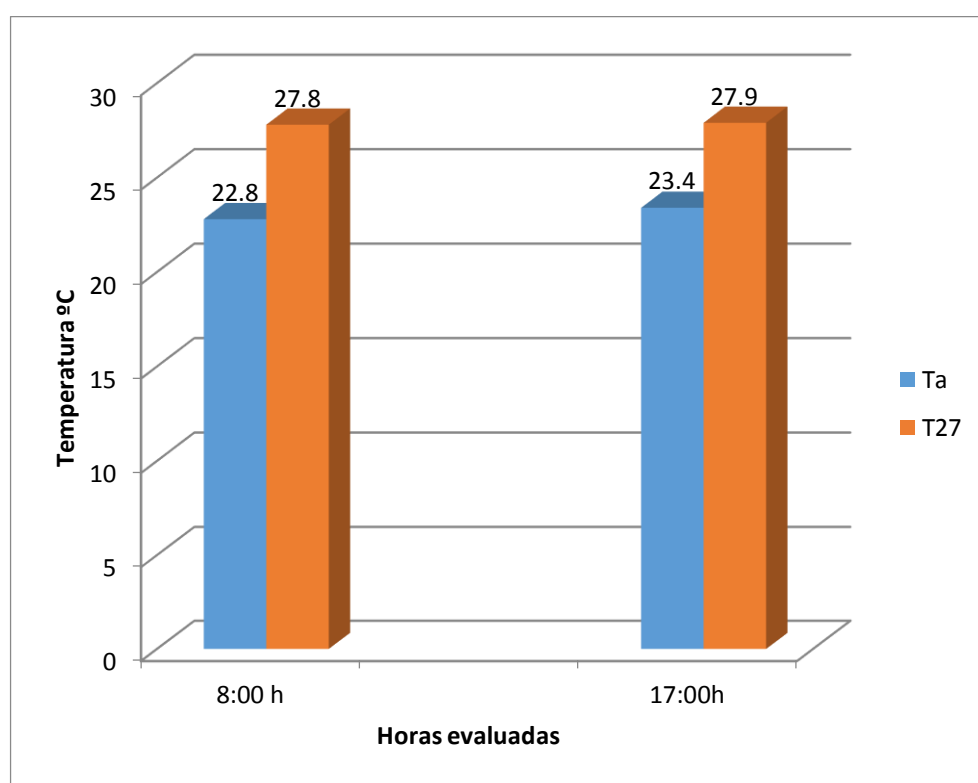


Figura 1. Temperatura promedio del agua durante el periodo experimental (Ta: temperatura ambiente, T27: temperatura controlada a 27 °C).

4.2. Comportamiento productivo

Los promedios de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia obtenidos en el experimento no generaron interacción significativa ($P < 0.05$) entre temperatura del agua y densidad de nutrientes en la dieta; la mortalidad se mostró elevada en todos los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedios de desempeño productivo y viabilidad de tilapias, criadas a diferentes temperaturas y densidad de nutrientes, durante 89 días.

Tratamientos ¹	Peso inicial, g	Peso final, g	Ganancia de peso, g	Consumo de alimento, g	Conversión alimenticia	Viabilidad %
Ta-DB	3.76	6.42	2.66	9.24	4.28	45.56
Ta-D20	3.77	6.72	2.95	14.75	5.6	42.78
T27-DB	3.75	8.75	5.00	28.04	5.71	46.11
T27-D20	4.15	9.16	5.01	24.04	5.46	43.33
CV, %			23.0	21.4	36.5	17.6

¹Ta: temperatura ambiente, T27: temperatura controlada a 27 °C; DB: dieta base, D20: Dieta base más 20 % de incremento en los nutrientes.

Al no existir interacción significativa entre los factores, se realizó el análisis estadístico por factores independientes (Cuadro 4), mayores niveles de nutrientes en la dieta no conllevaron a mostrar diferencias significativas ($P > 0.05$) en el comportamiento productivo. En la temperatura del agua, peces criados en temperatura de 27 °C mostraron mayor ganancia de peso y mayor consumo de alimento ($P < 0.05$) en relación a aquellos criados en agua con temperatura ambiente sin mostrar variación significativa en la conversión alimenticia. La viabilidad no estuvo influida por los factores evaluados.

Cuadro 4. Promedios de desempeño productivo y viabilidad de tilapias comparados en cada factor de evaluación.

Factores ¹	Peso inicial, g	Peso final, g	Ganancia de peso, g	Consumo de alimento, g	Conversión alimenticia	Viabilidad %
Densidad de nutrientes						
DB	3.76	7.59	3.83 a	18.64 a	4.99 a	45.83 a
D20	3.96	7.94	3.98 a	19.40 a	5.53 a	43.06 a
Temperatura del agua						
Ta	3.77	6.57	2.80 b	12.0 b	4.93 ns	44.17 a
T27	3.95	8.96	5.01 a	26.0 a	5.58 ns	44.72 a

¹ Ta: temperatura ambiente, T27: temperatura controlada a 27 °C; DB: dieta base, D20: Dieta base más 20 % de incremento en los nutrientes.

Promedios seguidos de letras diferentes en cada factor, difieren entre sí por la prueba de Tukey (P<0.05)

V. DISCUSIÓN

5.1. Parámetros físico- químicos del agua

En cuanto a la calidad del agua, el hecho de no haber variación en el pH entre tratamientos y haberse encontrado dentro del rango óptimo (6.5 a 9.0) nos conlleva a afirmar que se generaron condiciones en las cuales los peces no se vieron afectados por este parámetro. Baltazar y Palomino, (2004) reportaron que valores extremos de pH 4 y 11 causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y disminuyen el crecimiento.

La concentración de nitritos en el agua que fueron criados los peces se encontraron por debajo de 0.1 ppm, valor reportado como máximo, demostrando así, que el recambio de agua practicado y la eliminación de desechos del fondo de la pozas a través de sifoneo evitaron el almacenamiento de excretas o alimento en descomposición los cuales generan amoníaco base para la formación de los nitritos. Cuando los valores de nitritos son altos, la hemoglobina es oxidada convirtiéndola en metahemoglobina y provocando muerte por asfixia (Baltazar y Palomino, 2004).

De igual modo, valores menores a 2.0 ppm de amonio encontrados en el agua son indicativos de un manejo adecuado en el

recambio de agua y eliminación de detritos; valores altos de amonio en el agua se ha reportado que causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, lesiones en órganos internos y susceptibilidad a las enfermedades (Boyd y Tucker, 1998).

La temperatura del agua se mantuvo constante en los tanques con temperatura controlada, sin embargo varió de 22.8 a 23.4 °C en tanques mantenidos a temperatura ambiente. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11°C. Su alimentación cesa por debajo de los 16-17°C y las enfermedades o muertes se producen cuando se maneja por debajo de 16-17°C (Saavedra, 2006). Por lo tanto, no se atribuye variación en el desarrollo de los peces debido a estos parámetros.

Estas propiedades del agua al haber sido controladas no han tenido influencia decisiva sobre las variables evaluadas en el presente trabajo (Kubitza, 2000; Baltazar y Palomino, 2004 y Saavedra, 2006), permitiendo entonces, que las respuestas encontradas se deban básicamente tanto al factor temperatura como al factor alimenticio o a la interacción de ambos factores.

5.2. Comportamiento productivo

Según los resultados obtenidos en el comportamiento productivo (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia), al no generarse interacción significativa ($P < 0.05$) entre temperatura del agua y

densidad de nutrientes en la dieta se demuestra que la suplementación de nutrientes por encima de las necesidades nutricionales de la tilapia no consigue revertir el efecto de la temperatura del agua en la que son criados. La temperatura del medio donde vive influye en su metabolismo fisiológico por ser un animal exotérmico (Piedras y col., 2004 y García y col., 2012) afectando los procesos de digestión y su performance.

Por el contrario, mayor consumo de alimento y mayor ganancia de peso ($P < 0.05$) en peces criados a mayor temperatura (Cuadro 4) se atribuye al efecto de mayor actividad digestiva y metabólica de los peces sobre los nutrientes de la dieta. Moura y col. (2007) y Moura y col. (2009) comprobaron que la temperatura influye en los procesos fisiológicos de la digestión al demostrar que las actividades de amilasa y tripsina aumentaron linealmente ($P < 0.01$) en función de la temperatura del agua.

La temperatura permite mayor actividad enzimática, por lo tanto la disponibilidad de nutrientes aumenta, conllevando a mejorar la ganancia de peso de los peces por un mayor aprovechamiento de los nutrientes; sin embargo, en nuestro estudio, la conversión alimenticia no ha mostrado mejora significativa, probablemente por la elevada variabilidad encontrada en los datos o por que la temperatura del agua en la que fueron criados los peces no fue suficiente para generar estos cambios. Tilapias criadas a

temperatura de 32°C consumieron más alimento que aquellas criadas a temperaturas inferiores (Moura y col., 2009). Este mayor consumo estimula al páncreas a producir más enzimas para la degradación de los nutrientes mecanismo que es regulado por estímulos hormonales que se activan por la presencia de alimento en el tracto digestivo y actúan a nivel de páncreas produciendo y liberando enzimas digestivas (Lovell, 1998), favoreciendo la digestión y el vaciamiento gástrico (Jiany col., 2003) y con ello, el metabolismo de los peces.

Durante este proceso de evaluación de adaptabilidad de la tilapia se ha encontrado también una alta tasa de mortalidad la cual se ha demostrado que no está asociada a los tratamientos aplicados, se ha determinado como causas de mortalidad de los peces a agentes bacterianos (aeromonas y salmonela) y fúngicos (saprolegnia), presentado inmediatamente después de la instalación del experimento.

Las ganancias de peso y consumos de alimento se han reportado inferiores a otros experimentos realizados con especímenes de tilapia de pesos iniciales similares (Moura y col., 2007), probablemente debido a las condiciones ambientales y estados de salud de los peces; aun así, los resultados encontrados son indicadores que son necesarios tomarlos como puntos de partida en la intención de conseguir metodologías que permitan realizar la crianza de tilapia en la costa de la región La Libertad.

VI. CONCLUSIONES

- La temperatura del agua y la densidad de nutrientes en la dieta de tilapia criadas en la costa de la región la Libertad no generaron interacción significativa en el comportamiento productivo de la tilapia durante la fase de alevinos.
- La temperatura del agua de 27°C mejoró el consumo de alimento y ganancia de peso de tilapias frente a las criadas a temperatura ambiente.
- La densidad de nutrientes en la dieta no influyó en el comportamiento productivo de las tilapias.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones sobre adaptabilidad de la tilapia en meses de verano donde la temperatura ambiente es mayor.

Se debe seguir evaluando a los peces en temperatura controlada y determinar el momento apropiado para trasladarlos a estanques en campo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Baltazar, P. y Palomino, A. (2004). Manual del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero - FONDEPES, Gerencia de Acuicultura. 113 p.
- Boyd, C.E. y Tucker, C.S. (1998). Pond water quality management. Boston: Kluwer Academic. 700 p.
- Castagnolli, N. (1992). Piscicultura de agua doce. FUNEP/FCAVJ/UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. 189 p.
- Chou, B.S. y Shiau, S.Y. 1996. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 143:185-195.
- Falcon, D.; Barros, M.;Pezzato, L. y Valle, L. (2007). Lipídeo e vitamina C em dietas preparatorias de inverno para tilápias-do-nilo. *R. Bras. Zootec.* 36(5): 1462-1472.(supl.)
- Feldman, B. F.; Zinkl, J. G. y Jain, N.C. (2000). *Schalm's veterinary hematology*. 5.ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltda.,1347p.
- Fernandes Júnior, A.; Pezzato, L.; Guimarães, I.; Teixeira, C.; Koch, J. y Barros, M. (2010). Resposta hemática de tilápias-do-nilo alimentadas com dietas suplementadas com colina e submetidas a estímulo por baixa temperatura. *R. Bras. Zootec.* 39(8): 1619-1625.
- Furuya, W.;Pezzato, L.; Barros, M.;Pezzato, A.;Furuya, V. y Miranda, E. (2004). Use of ideal protein concept for precisi3n formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia

- (*Oreochromis niloticus* L). *Aquaculture Research*. 35: 1110-1116.
- García, F.; Schalch, S.; Onaka, E.; Fonseca, F. y Batista, M. (2012). Hematología de tilápia-do-nilo alimentada com suplemento á base de algas frente a desafios de stress e agudo e crónico. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*.64 (1): 198-204.
- Kubtiza, F. 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí. 285 p.
- Lehninger, A. L; Nelson, D. L. y Cox, M. M.(1995). *Principios de bioquímica*. Sao Paulo: Savier. 1152p.
- Lemly, A.D. (1996). Wastewater discharges may be most hazardous to fish during winter. *Environmental Pollution*. 32:169-174.
- Lima, S.; Padua, C.; Silva, C.; Souza, L. y Fran?a, A. 2000. Farelo de milho (*Pennisetum americanum*) substituído a milho (*Zea mays*) em dietas para tilapia *Oreochromis niloticus*. In: *Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Vol. 1 *Proceedings...* Rio de Janeiro, p. 120-124.
- Lim, C.; Shoemaker, C. A. y Klesius, P.H.(2001). The effect of ascorbic acid on the immune response in fish. In: DABROWSKI, K. (Ed.) *Ascorbic acid in aquatic organisms*. Boca Ratón: CRC Press, p. 149-166.
- Lovell, R.T. (1998). *Nutrition and feeding of fish*. Boston: Kluwer Academic Publishing. 267p.
- Marengoni, N.G. 2006. Produção de tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*

(linhagemchitraladra), cultivada em tanques-rede, sobdiferentes densidades de estocagem. Archivos de Zootecnia. 55(210): 127-138.

Mariano, W.; Oba, E.; Santos, L.R. y Remandes,M. (2009). Respostas fisiológicas de jeju Hopler y thrinusunitaeniatus, expostoaoar atmosférico. Revista Brasileira de Saúde e ProdufáoAnimal. 10(1):210-223.

Perú, Ministerio de la producción. (2009). Plan nacional de desarrollo acuícola. Dirección General de Acuicultura. Lima. 89 p.

Moraes, G.; Polez, V. elwama, G.K.(2004). Biochemical responses of two erythrinidae fish to environmental ammonia. Brazilian Journal of Biology. 64(1):95-102.

Moura, G.; Oliveira, M.; Lanna, E.; Maciel Júnior, A. y Maciel, C. (2007). Desempenho e atividade de amilaseem tilápias-do-nilosubmetidas a diferentes temperaturas. Pesq. agropec. bras.42(11): 1609-1615.

Moura, G.; Oliveira, M. y Lanna, E. (2009). Atividade de tripsina no quimo de tilápia-tailandesa submetida a diferentes temperaturas da agua. R. Bras. Zootec. 38(11): 2086-2090.

Mendoza, D. (2011). Informe: Panorama de la acuicultura mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú. Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú.66p.

Pickering, A.D. (1981). Introduction: the concept of biological stress.In: Pickering, A.D. (Ed.). Stress and fish. London: AcademicPress.p.1-9.

- Piedras, N.; Moraes, R. y Pouey, F. (2004). Crescimento de juvenis de jundiá (*Rhandiaquelen*) de acordó com a temperatura da agua. Boletim do Instituto de Pesca. 30:177-182.
- Ranzani-Paiva, M. y Silva-Souza, A.(2004). Hematología de peixes brasileiros. Sanida de de organismos aquáticos. SãoPaulo: Várela. p.89-120.
- Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Universidad Centro americana. Managua, Nicaragua. 24p.
- Sampaio, J.M. y Braga, L.G.(2005). Cultivo de tilapia em tanques rede de nabarragem do Ribeirão de Saloméa - Floresta Azul -Bahia. Revista Brasileira de Saúde e Produgáo Animal. 6(2):42-52.
- Signor, A.; Pezzato, L; Falcon, D.; Guimarães, I. y Barros, M. (2010). Parámetros hematológicos da tilápia-do-nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frió. Ci. Anim. Bras., Goiânia. 11(3):509-519.
- Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. (2010). Editado por Wilson M. Furuya. Toledo, Brasil, GFM. 100 p.
- Tacón, A.G.(1989).Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. FAO. Proyecto GCP/RLA/102/ITA, Proyecto Aquilall, Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y Caribe. Documento de Campo N° 4, Brasilia, Brasil. 516 p.
- Tavares-Dias, M. y Moraes, F.R. (2004). Hematología de peixes teleósteos. Ribeirão Preto: Willim press Complexo Gráfico. 144p.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Valores de F y significancia producto del análisis de variancia de los resultados obtenidos en cada variable evaluada.

Fuente de variación	Valores de F y significancia ¹		
	Consumo de alimentos	Ganancia de peso	Conversión alimenticia
Temperatura Ambiente (A)	14.85 *	9.68 *	0.40 ns
Densidad de Nutrientes (B)	0.099 ns	0.044 ns	0.27 ns
Interacción A x B	1.70 ns	0.040 ns	0.58 ns
Bloques	6.93 *	11.73 **	0.610 ns

¹ Significancia: * = $P > 0.05$, ** = $P > 0.01$