

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE METABOLITOS
NUTRICIONALES PRODUCTO DE LA FERMENTACIÓN DE
Saccharomyces cerevisiae SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN
FASE DE PRECRÍA EN UN SISTEMA DE AGUA CORRIDA**

MARIO ENRIQUE CASTANEDA NERIO

Médico Veterinario

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE METABOLITOS NUTRICIONALES
PRODUCTO DE LA FERMENTACIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae*
SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA TILAPIA
(*Oreochromis niloticus*) EN FASE DE PRECRÍA EN UN SISTEMA DE
AGUA CORRIDA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

MARIO ENRIQUE CASTANEDA NERIO

Al confiársele el título profesional de

Médico Veterinario

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, ABRIL DE 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO:	Dr. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I:	M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel
VOCAL III:	Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV:	Br. Brenda Lissette Chávez López
VOCAL V:	Br. Javier Augusto Castro Vásquez

ASESORES

M.Sc. LUIS FRANCISCO FRANCO CABRERA

M.Sc. FREDY ROLANDO GONZÁLEZ GUERRERO

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

El cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE METABOLITOS
NUTRICIONALES PRODUCTO DE LA FERMENTACIÓN DE
Saccharomyces cerevisiae SOBRE LOS PARÁMETROS
PRODUCTIVOS DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN
FASE DE PRECRÍA EN UN SISTEMA DE AGUA CORRIDA**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICO VETERINARIO

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

Ana Griselda Nerio y Roberto Castaneda por su amor, paciencia y apoyo que me han dado en mis diferentes etapas de vida.

A MIS HERMANOS:

Ana Cristina Castaneda y José Roberto Castaneda por haber estado presente en todos los momentos que más los necesitaba.

AL PLANETA TIERRA:

Por permitirnos vivir dentro de ti, que nos des todo sin pedir.

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES Y EVALUADORES:

Por la paciencia y apoyo que me brindaron en el transcurso de mi tesis.

GRANJA SALONA:

Ing. Salgado, Ismael, Gilberto, José y Antonio por toda la ayuda que me brindaron en la realización de mi tesis.

A MIS AMIGOS:

Que me acompañaron en las diferentes etapas universitarias, en el principio y final de la carrera, ustedes son los que hicieron que cada una de estos momentos fuera inolvidable.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	HIPÓTESIS.....	3
III.	OBJETIVOS.....	4
	3.1 Objetivo general.....	4
	3.2 Objetivos específicos.....	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
	4.1 Situación actual del cultivo de tilapia a nivel mundial.....	5
	4.2 Actividad pesquera y acuícola en El Salvador.....	7
	4.2.1 Cultivo de tilapia.....	8
	4.3 Oreochromis niloticus.....	8
	4.3.1 Descripción taxonómica.....	9
	4.3.2 Distribución natural y hábitat.....	9
	4.3.3 Biología.....	10
	4.3.3.1 Hábitos alimenticios.....	10
	4.3.3.2 Crecimiento.....	10
	4.3.3.3 Proceso de reversión sexual.....	10
	4.3.3.4 Precría, levante y engorde.....	11
	4.4 Comunidades microbianas asociadas al tracto gastroin- testinal de la tilapia.....	12
	4.4.1 Medio ambiente y flora intestinal en organismos acuáticos.....	12
	4.5 Sistemas de producción.....	14
	4.5.1 Cultivo extensivo.....	14
	4.5.2 Cultivo semi-intensivo.....	15
	4.5.3 Intensivos.....	15
	4.5.4 Sistemas superintensivos.....	16
	4.5.5 Cultivo tipo "Raceway" (Aguas corridas).....	17
	4.6 Calidad del agua.....	17
	4.6.1 Temperatura.....	17
	4.6.2 Oxígeno.....	18
	4.6.2.1 Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto.....	19
	4.6.3 PH.....	19
	4.6.4 Amoníaco (NH ₃).....	19
	4.6.5 Nitritos (NO ₂).....	20
	4.7 Efecto del estrés sobre el crecimiento de los peces.....	20

4.7.1	Estrés social.....	21
4.7.2	Estrés físico.....	21
4.7.3	Estrés químico.....	23
4.7.4	Estrés traumático.....	23
4.7.5	Estrés nutricional.....	23
4.8	Producto de fermentación de la <i>Sacchromyces cerevisiae</i>	24
4.8.1	Contribución nutricional.....	24
4.8.2	Interacción de metabolitos y bacterias.....	24
4.9	Inmunoestimulantes.....	25
4.9.1	β -glucano.....	26
4.9.2	Efecto de β -glucano en peces.....	27
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
5.1	Área de estudio.....	28
5.1.1	Materiales.....	28
5.1.2	Recursos humanos.....	28
5.1.3	Recursos de campo.....	28
5.1.4	Recursos biológicos.....	29
5.1.5	Recursos de escritorio.....	29
5.2	Metodología.....	29
5.2.1	Fuente de agua.....	29
5.2.2	Diseño experimental.....	29
5.2.3	Desdoblamiento.....	30
5.2.4	Parámetros de la calidad de agua.....	30
5.2.5	Alimento.....	31
5.2.6	Control de depredadores.....	31
5.2.7	Muestra a tomar.....	31
5.2.8	Variables a evaluar.....	32
5.2.9	Parámetros de crecimiento.....	32
5.2.10	Supervivencia.....	34
5.3	Análisis estadístico.....	34
5.3.1	Diseño estadístico.....	34
5.3.2	Análisis de la información.....	35
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
VII.	CONCLUSIONES.....	45
VIII.	RECOMENDACIONES.....	46
IX.	RESUMEN.....	47
	SUMMARY.....	49
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
XI.	ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	
Productos acuícolas más consumidos en EU, 2010.....	7
Cuadro 2	
Número de especies Gram (+) y Gram (-) encontradas en los intestinos de peces.....	13
Cuadro 3	
Tamaño (en milímetros) del alimento balanceado a suministrarse de acuerdo al estadio del pez (gramos).....	16
Cuadro 4	
Concentraciones de oxígeno y sus efectos de estas fluctuaciones.....	18
Cuadro 5	
Principales causas de estrés en os peces de cultivo.....	21
Cuadro 6	
Supervivencia en los diferentes tratamientos evaluados.....	37
Cuadro 7	
Resultados obtenidos en análisis de agua.....	37
Cuadro 8	
Resultados obtenidos del aislamiento de la muestra de peces.....	37
Cuadro 9	
Comportamiento productivo en base a peso.....	40
Cuadro 10	
Comportamiento productivo en base a talla.....	40

Cuadro 11	
Conversión alimenticia.....	41
Cuadro 12	
Tasa de crecimiento para estanque control (g/día).....	43
Cuadro 13	
Tasa de crecimiento para estanque experimental (g/día).....	43
Cuadro 14	
Comportamiento productivo en base a índice de condición.....	44

I.INTRODUCCIÓN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es cultivada en muchas partes del mundo debido a su rápido crecimiento, su capacidad de adaptación, y la posibilidad de ser criada en diferentes sistemas de cultivo, en estanques, tanques o jaulas. En los últimos años se ha realizado un esfuerzo, para incrementar la productividad de esta especie. Sin embargo, las altas densidades de cultivo conllevan a un ambiente fisiológicamente pobre afectando adversamente la salud de los peces. Por lo tanto se está orientando a proponer suplementos alternativos al uso de antibióticos, a través de sustancias bio-aprovechables, tal es el caso de los metabolitos de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* considerado prebiótico.

El uso de prebióticos en la dieta afecta la comunidad microbiana intestinal del huésped (Tilapia) mediante una estimulación selectiva del crecimiento de ciertas bacterias benéficas y la supresión de agentes potencialmente patógenos, contribuyendo con funciones metabólicas, tróficas y protectoras de la flora intestinal. La función metabólica de la flora intestinal se encarga de ayudar en los procesos de digestión y absorción de nutrientes proporcionando energía al organismo, mientras que la función trófica fomenta el crecimiento y la diferenciación celular. Su función protectora, actúa como la primera línea de defensa contra microorganismos patógenos exógenos u oportunistas, creando el efecto de barrera (Escobar, Olvera, & Puerto, 2006).

El producto de fermentación de la *Saccharomyces cerevisiae*, es un producto naturalmente fermentado que contiene componentes de la pared de la levadura (b-glucanos y mananos-oligosacáridos) y metabolitos nutricionales (vitaminas, proteínas, péptidos, aminoácidos, nucleótidos, lípidos, ácidos orgánicos, oligosacáridos, esteroides y alcoholes), se sugiere que este producto de fermentación funciona como un prebiótico manteniendo

el equilibrio de la flora intestinal, llegando a estimular el sistema inmune no específico y reducir la mortalidad en el cultivo de *Oreochromis niloticus* (Zhou, He, Liu, Cao, Meng, Yao & Ringo 2011)

Es por eso que el propósito de este estudio es determinar el efecto que tienen los metabolitos nutricionales contenidos en el fermento de la levadura en parámetros productivos y supervivencia de la *Oreochromis niloticus*.

II. HIPÓTESIS

No hay diferencia significativa en parámetros productivos y de supervivencia en la tilapia (*Oreochromis niloticus*), cuando esta es alimentada con metabolitos nutricionales producto de la fermentación de la levadura.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- Demostrar el efecto de la adición de metabolitos nutricionales producto de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* en los parámetros productivos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en fase de precría.

3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto que tiene la adición de los metabolitos nutricionales producto de la fermentación de la levadura sobre la supervivencia de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en fase de precría.
- Determinar el impacto de los metabolitos nutricionales en el factor de conversión alimenticia-FCA de la tilapia.
- Evaluar el impacto de los metabolitos nutricionales sobre la tasa de crecimiento-TS de la tilapia en fase de precría.
- Demostrar el efecto de los metabolitos nutricionales producto de la *Saccharomyces cerevisiae* sobre el índice de condición-IC de la tilapia.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Situación actual del cultivo de tilapia a nivel mundial

De acuerdo a la FAO, a nivel mundial, la acuicultura ha crecido a un ritmo promedio del 9.2% anual desde la década de 1970, comparado con el 1.4% de la pesca de captura y el 2.8% de los sistemas de producción de carne terrestre (Vázquez, Santos, Moreno-de la Torre, & Estrada, 2014). El consumo aparente de pescado per capital a nivel mundial registro un aumento de un promedio de 9.9 kg en las década de 1960 a 14.4 kg en la década de 1990 y 19.7 en 2013, con estimaciones preliminares que apuntan a que seguirá aumentado hasta superar los 20 kg en 2014 y 2015 (FAO, 2016). Este incremento se ha impulsado debido a una combinación de crecimiento demográfico, aumento de los ingresos y urbanización, lo cual ha aumentado el cultivo de peces, ocupando actualmente el quinto lugar como producto agrícola más importante y el de mayor recurso de proteína animal disponible para los humanos, provee el 25% de la proteína animal en países desarrollados y más del 75% en los países en vías de desarrollo terrestre (Vázquez, et al., 2014). Además de ser una fuente rica en proteína de alta calidad y fácil digestión que contiene todo los aminoácidos indispensables, el pescado proporciona grasas esenciales (ácidos grasos omega 3 de cadenas largas), vitaminas (D, A y B) y minerales (como calcio, yodo, zinc, hierro y selenio) (FAO, 2016).

China ha sido responsable de la mayor parte del aumento de la disponibilidad de pescado, como consecuencia de la expansión de su producción pesquera, especialmente de la acuicultura. Su consumo aparente de pescado per cápita aumento a una tasa media anual de 6.0% en el periodo de 1990-2010 hasta unos 35.1 kg en 2010. En el 2013 aumento constantemente, llegando a unos 37.9 kg, con una tasa media de crecimiento anual del 5.0% en el periodo comprendido entre 1993 y 2013. El resto del mundo, el suministro anual de pescado per cápita

correspondió a unos 15.4 kg en el 2013 (11.4 kg en el decenio de 1960 y 13.5 en el decenio de 1990). Una de las especies consideradas clave para el crecimiento de la acuicultura es la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (FAO, 2016).

Con respecto a los peces dulceacuícolas, en los últimos 20 años se ha registrado un incremento espectacular con la proporción de peces cultivados, impulsando principalmente por el rápido desarrollo de las especies de tilapia. Actualmente más del 85% de la producción mundial de tilapia corresponde a la tilapia del Nilo (*O. niloticus*), mientras que el 15% restante corresponde a las demás especies, entre las que se destacan la tilapia mossambica (*O. mossambicus*), la tilapia aurea (*O. aureus*) y la tilapia hornorum (*O. hornorum*) y sus híbridos de colores rojo, naranja, azul, rosado, blanco, gris o negro (Vázquez, et al., 2014).

La producción de tilapia tiene una amplia distribución; el 72% se cría en Asia, el 19% en África y el 9% en América (Vázquez, et al., 2014). China es el mayor productor y consumidor mundial de tilapia, aumentando significativamente sus exportaciones hacia Estados Unidos, México y nuevos mercados que se encuentran en pleno crecimiento como África, Rusia y Polonia. El mayor importador de tilapia en todas sus presentaciones sigue siendo Estados Unidos de América, la demanda de tilapia en el 2010 en los Estados Unidos se incrementó en un 20%, lo que le permitió ascender hasta el cuarto lugar (cuadro 1) en la preferencia de los consumidores, gracias a su carne blanca, firme y de disponibilidad continua (IICA & MAG, 2011).

CUADRO 1. PRODUCTOS ACUÍCOLAS MÁS CONSUMIDOS EN EU, 2010

Producto	Cantidad consumida (lb)
Camarón	4.00
Atún enlatado	2.70
Salmon	1.999
Tilapia	1.450
Alaska Pollock	1.192
Bagre de Canal (Catfish)	0.800
Cangrejo	0.573
Bacalao	0.463
Pangasuis	0.405
Almejas	0.341
TOTAL	16.00

Fuente: IICA; MAG, 2011

4.2 Actividad pesquera y Acuícola en El Salvador

En el área comercial del sector pesquero de El Salvador existen dos rubros, uno de ellos es el sector pesquero industrial, el cual tiene como principal destino la exportación y el sector pesquero artesanal, que sirve para el autoconsumo de las familias de los productores y la comercialización a nivel local (IICA & MAG, 2011).

Los principales productos que sustentan la producción Salvadoreña son el atún, la pesca de escama, el cultivo de tilapia y el camarón. La pesca de captura continúa siendo la más importante gracias al atún, que aporta el 41% de la producción. Con respecto a la acuicultura esta continúa creciendo más aceleradamente en el rubro de la tilapia que en el de camarón (IICA & MAG, 2011).

El volumen de la producción pesquera y acuícola en el periodo 2000-2010 fue de 345,113 Tm, de este total la acuicultura aportó 26,827 TM (7.8%) y esta se divide de la siguiente manera: tilapia 23,257 TM (6.7%) y camarón marino con 3,570 TM (1%) (FAO, 2014).

4.2.1 Cultivo de tilapia

La Dirección General de Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA) reporta que entre los años 2000 y 2010 la producción de tilapia aumento el 6,297%. La tilapia representa el 92% de la producción acuícola del país, sin tomar en cuenta las 7000 t que son producidas en pequeña escala, que representa un 5.25% adicionales. Debido a la ventaja que tiene la tilapia sobre el acelerado crecimiento del cultivo, ha hecho que tenga una buena aceptación en el mercado (FAO, 2014).

4.3 *Oreochromis niloticus*

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento.

Las tilapias representan uno de los peces más ampliamente producidos en el mundo. Las especies más cultivadas son *O. aureus*, *O. niloticus* y *O. mossambicus*, así como varios híbridos de esa especie (NICOVITA, 2010).

Condiciones favorables que convierten a las tilapias en uno de los géneros más apropiados para el cultivo:

- Resistencia de soportar bajas concentraciones de oxígeno
- Rangos variados de salinidad
- Gran resistencia física y a las enfermedades
- Acelerado crecimiento
- Aprovechamiento de las dietas artificiales suministradas
- La excelente calidad de su carne (Textura firme, coloración blanca)

(Arevalo & Marin, 2011)

4.3.1 Descripción taxonómica

La tilapia se clasifica de la siguiente manera

- Phylum: Vertebrata
- Sub phylum: Craneata
- Superclase: Gnostomata
- Serie: Piscis
- Clase: Teleostei
- Subclase: Actinopterygii
- Orden: Perciformes
- Suborden: Percoidei
- Familia: Cichlidae
- Género: *Oreochromis niloticus*
 - Oreochromis mossambicus*
 - Oreochromis aureus*
 - Oreochromis sp*

(Llanes & Toledo, 2006)

4.3.2 Distribución natural y hábitat

Las tilapias son organismos tropicales principalmente dulceacuícolas, originarios del continente Africano, los cuales se encuentran actualmente distribuidos en la mayoría de los países tropicales y subtropicales con fines de cultivo. Se encuentra preferiblemente en aguas de poca profundidad, en el borde los lagos y ríos anchos, con suficiente vegetación (FAO, 2016).

4.3.3 Biología

4.3.3.1 Hábitos alimenticios

La tilapia se alimenta de forma natural de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, invertebrados, fauna bentónica, detritos e inclusive otros peces y huevos de peces. Dependiendo de la fuente de alimento, estos se alimentaran por medio de filtración o por pastoreo en superficie (FAO, 2016). La tilapia posee una rápida aceptación a todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales, incluyendo los producidos por intermedio de la fertilización orgánica o química (Llanes & Toledo, 2006).

4.3.3.2 Crecimiento

Su crecimiento es longitudinal. Esto es para todas las etapas de su desarrollo a partir del alevín (Saavedra, 2006). La disponibilidad de alimento y temperatura influyen en los factores de crecimiento de la tilapia. Los peces son poiquiloterms en el caso de la tilapia crece mejor en rangos de temperatura de 28-32 °C (Llanes & Toledo, 2006).

4.3.3.3 Proceso de reversión sexual

Debido a que existe una diferencia significativa en cuanto al crecimiento entre el macho y la hembra, es necesario que los cultivos de tilapia sean monosexo (mayor porcentaje posible de machos). El cultivo de solo machos es recomendado debido a la mayor tasa de crecimiento y mayor eficiencia en la tasa de conversión de alimento (Cantor, 2007).

El cultivo de monosexo se puede realizar de varias formas:

- Realizando el sexado manual de los peces al alcanzar tamaños de 30-40 gramos de peso. (NICOVITA, 2010)
- Realizando reversión sexual utilizando alimento con 60 ppm de alfa metil testosterona durante los primeros 30 días de vida. Esta hormona es incluida a través de un vehículo (alcohol) en el alimento, cuyo nivel de proteína es generalmente alto (45%). Se suministra a razón de 15% de biomasa/día, en un promedio de 8 raciones. (NICOVITA, 2010)
- La hibridación de la tilapia consiste en el cruce de dos especies diferentes, afines etológicamente y genéticamente, con el propósito de obtener individuos monosexo y un mejoramiento en sus características fenotípicas. El híbrido más utilizado en acuicultura es el macho *Oreochromis aureus* y hembra *Oreochromis niloticus*, que garantiza un mayor número de machos (Cantor, 2007).

4.3.3.4 Precría, levante y engorde

- Precría esta fase comprende la crianza de alevines con peso de 1 a 5 gramos. Generalmente, se realiza en estanques con área entre 350 y 800 m², con una densidad de 100 a 150 peces por m², buen porcentaje de recambio de agua (del 10- al 15% día) y aireación. Los alevines son alimentados con alimento balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 12% de la biomasa distribuido entre 8 a 10 veces al día (Saavedra, 2006).
- Levante está comprendido entre los 5 y 8 gramos. Generalmente es realizado en estanques de 450 a 1500 m², con una densidad 20 a 50 peces por m², con un buen porcentaje de recambio de agua (5 a 10% día) (NICOVITA, 2010).

Los peces son alimentados con alimento balanceado con un porcentaje de proteína de 30 o 32%. Se debe suministrar la cantidad de alimento

equivalente del 3% a, 6% de la biomasa, distribuidos entre 4 y 6 raciones al día. (Saavedra, 2006)

- Engorde esta fase comprende la crianza de la tilapia entre los 80 gramos hasta el peso de la cosecha. Generalmente se utilizan estanques con densidades entre 1 a 30 peces por m². Densidades mayores de 12 animales por m², es necesario contar con sistemas de airaciones o con altos porcentajes de recambio de agua (40 a 50%) (Saavedra, 2006). En esta etapa los peces son alimentados con alimentos balanceados de 30 o 28% de proteína. Se suministra entre 1.2% y el 3% de la biomasa distribuido entre 2 y 4 dosis al día (NICOVITA, 2010).

4.4 Comunidades microbianas asociadas al tracto gastrointestinal de la tilapia

4.4.1 Medio ambiente y flora intestinal en organismos acuáticos

La microbiota gastrointestinal juega un papel importante e influye de manera directa sobre la nutrición y la salud de los animales en general. Esta microbiota intestinal presenta funciones metabólicas, tróficas y protectoras, que tiene como finalidad ayudar en procesos digestivos, nutricionales e inmunoestimulantes (Escobar et al., 2006).

El tracto gastrointestinal de los peces dulceacuícolas y marinos, se caracterizan por ser un nicho ecológico favorable para el desarrollo de microorganismos, lo cual ha sido evidenciado por estudios que muestran densas y diversas poblaciones microbianas dentro del contenido intestinal de diversas especies de peces (Nuñez de la Rosa, 2011). (cuadro 2)

CUADRO 2. NÚMERO DE ESPECIES GRAM (+) Y GRAM (-) ENCONTRADAS EN LOS INTESTINOS DE PECES

Grupo de bacterias	Número total	Especies de Agua dulce	Especies marinas
Aerobias Gram (-)	47	24	23
Aerobias Gram (+)	34	22	12
Anaerobias Gram (-)	10	9	1
Anaerobias Gram (+)	8	8	-

Fuente: Nuñez de la Rosa, 2011

El desarrollo de la microbiota y la barrera gastrointestinal es un proceso que inicia después del nacimiento. En los animales acuáticos, este desarrollo está determinado por su contacto con el medio ambiente, influida por la ingesta de alimento, la secreción de hormonas y la absorción de nutrientes (Escobar et al., 2006). Inicialmente el intestino es dominado por cepas anaerobias facultativas y posteriormente la variabilidad de las poblaciones microbianas dependerá de la dieta ingerida, edad, tratamiento con microorganismos y estado general del organismo (Nuñez de la Rosa, 2011).

La microbiota intestinal de los peces se considera: 1) Microbiota aloctona o transitoria (accidental), esta es escasa y normalmente se encuentra en el agua y en la comida; 2) La microbiota autóctona o nativa cuando los microorganismos son capaces de colonizar la superficie epitelial del intestino del hospedero, y 3) La microbiota específica es la que se vuelve estable al llegar a la etapa adulta (Nuñez de la Rosa, 2011). Por lo tanto, la microbiota del tracto gastrointestinal juega un papel muy importante sobre las funciones metabólicas, tróficas y protectoras del organismo. Las funciones metabólicas ayudan en los procesos de digestión y absorción de nutrientes, mientras que en las funciones tróficas fomenta el crecimiento celular y estimula el sistema inmune. Su función protectora actúa como primera línea de defensa contra microorganismos patógenos, creando el efecto de barrera para evitar la colonización de agentes oportunistas (Escobar et al., 2006).

En los peces de agua dulce los grupos dominantes presentes en el tracto gastrointestinal pertenecen a los géneros *Aeromonas*, *Pleisomonas*, *Enterobacteriaceae* y *Pseudomonas* (Molinari, Oliveira, Bochi, Rodrigues, Vataru & Ueda-Nakamaru, Alves, Dias, 2003).

4.5 Sistemas de producción

Los sistemas de producción de tilapia varían desde sencillos a muy complejos; los sistemas de manejo sencillo se caracterizan por poco control sobre la calidad de agua, el valor nutricional del alimento y por producciones bajas, los sistemas intensivos consisten en un cultivo de peces con utilización de un alto flujo de agua que tiene como objetivo proporcionar una mejor oxigenación a los peces y retirar productos de desecho del metabolismo de los animales (SAGPA, 2006). Los sistemas de cultivo tradicionales son: Extensivo, Semi-intensivo, intensivo y súper intensivo.

4.5.1 Cultivo extensivo

Este tipo de cultivo se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos. En este sistema se utilizan densidades de 0.5 a 3.0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiera comercializar se utilizan estanques de 1-5 hectáreas con poco recambio (NICOVITA, 2010).

La productividad natural que es la base de la cadena alimenticia de la nutrición del pez, es estimulada solo por los nutrientes contenidos en el agua que se usa para llenar el estanque o proveniente del suelo. En la actualidad se utilizan subproductos agrícolas como alimento complementario, Ejemplo: afrecho, arroz,

acemite de trigo. La producción de este sistema suele ser de 4,000-10,000 kg/Ha/año (SAGPA, 2006).

4.5.2 Cultivo semi-intensivo

En los sistemas semi-intensivos, se caracteriza por una modificación significativa sobre el medio ambiente, en estos sistemas se utilizan estanques de 0.5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15-30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo de la densidad de animales que se maneja. Las densidades son muy variadas y se encuentran en el rango de 4-15 peces/ m² (NICOVITA, 2010).

En este tipo de sistema es de gran importancia el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para la alimentación se utiliza alimento peletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% dependiendo la fase de producción (Cantor, 2007).

4.5.3 Intensivos

En estos sistemas se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas; se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad del agua (por medio de airaciones o recambios diarios) y nutriente necesario para el crecimiento (FAO, 2016).

Los sistemas intensivos utilizan estanques de 500 a 1000 m³ con recambio constante de agua de hasta el 100% (recambios de 250 a 600 litros/segundo). Las densidades de los peces se encuentran en el rango de 80-150 peces/ m³.

Para asegurar la producción de peces en este tipo de sistema se debe de contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permitan reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. La concentración de oxígeno en la salida de los estanques debe de ser mayor a 3.5 mg/litros para asegurar un buen desenvolvimiento fisiológico del pez y mejor aprovechamiento de los nutrientes suministrados. En estos sistemas se utilizan alimentos extrusados flotantes con niveles de proteína de 30-35% y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez (cuadro 3) (SAGPA, 2006).

CUADRO 3. TAMAÑO (EN MILÍMETROS) DEL ALIMENTO BALANCEADO A SUMINISTRARSE DE ACUERDO AL ESTADIO DEL PEZ (GRAMOS)

Estadio del pez (gramos)	Tamaño del pellet recomendado (mm)
Alevines	Polvo
De 0.50 gr a 5.0 gr	Quebrantado (0.50 a 1.0)
De 5.0 gr a 15.0 gr	1 X 1
De 15.0 gr. a 30.0 gr	1 ½ X 1 ½
De 30.0 gr. a 80.0 gr	2 X 2
De 80.0 gr. a 200 gr	3 X 3
De 200 gr. a 500 gr	4 X 4
De 500 gr. ó más	5 X 5

Fuente: Hsien-Tsan & Martin, 2008

4.5.4 Sistemas superintensivos

En estos sistemas las densidades son superiores; en los estanques deben de hacerse recambios diarios de agua, de hasta 100%/hora; es necesario el uso de aireadores mecánicos. Los estanques por lo general son de concreto y de tipo “race ways” para un mejor intercambio de agua y una mayor oxigenación. También pueden darse en jaulas, en las que superan las densidades de 600 tilapias/metro cubico (Saavedra, 2006).

Los peces dependerán exclusivamente de alimento artificial por lo que este debe contener un alto porcentaje de proteína (30-40%).

4.5.5 Cultivo tipo “Raceway” (Aguas corridas)

El cultivo tipo “raceways” son estructuras largas y estrechas, rectangulares en las que las aguas de abastecimiento fluyen continuamente. Los lados y el fondo pueden ser construidos en cemento, tierra o en piedra del sitio. Estos sistemas funcionan intensivamente a grandes densidades. Son estructuras con alto flujo de agua, entre 1 y 20 cambios en total de agua por hora. De esta forma, los residuos generados son arrastrados junto a la corriente de agua y sedimenta en su última parte (Luchini, 2006).

Este tipo de cultivo puede operarse como sistemas abiertos o cerrados. En los abiertos el agua no es re-usada. En los cerrados, el agua es capturada a su salida, filtrada y bombeada nuevamente a través del sistema. En algunos casos, el agua es colectada en un embalse donde bacterias y otros organismos “digieren” los desechos de la especie cultivada (en temperaturas adecuadas). La capacidad de carga varía entre 60 y 200 kg/m³, según la tasa de recambio de agua (el sistema se mejora con aireadores mecánicos o por inyecciones de oxígeno) (Luchini, 2006).

4.6 Calidad del agua

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físico-químicas, entre las más importantes se encuentran: temperatura, pH, oxígeno y transparencia. Estos parámetros influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que debe mantenerse dentro de los rangos óptimos para un buen desarrollo. (Saavedra, 2006).

4.6.1 Temperatura

Los peces son animales poiquiloterms (su temperatura corporal depende

del medio externo) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de temperatura). (NICOVITA, 2010).

Esta variable física del agua influye en forma directa sobre todos los procesos físicos (respiración, alimentación, aprovechamiento del alimento, crecimiento, reproducción y comportamiento). Los organismos acuáticos según su cultivo se agrupan en organismos de aguas frías, templadas y cálidas (NICOVITA, 2010). Siendo la tilapia un organismo que requiere de aguas cálidas su rango óptimo oscila entre 28-32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven. Durante los meses de frío los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C según el origen genético (NICOVITA, 2010).

4.6.2 Oxígeno

Los peces de aguas cálidas como la tilapia se alimentan y crecen mejor, cuando las concentraciones de oxígeno se mantienen en 5 mg/litro. Normalmente, en los cuerpos de aguas ricos en nutrientes, el oxígeno es abundante a mediados de la tarde y bastante limitado al amanecer. La luz solar y el plancton, a través del proceso de fotosíntesis, son responsables de gran parte del oxígeno producido. Por lo tanto al haber bajas de luminosidad y se restringe el proceso de fotosíntesis se dan problemas de niveles de oxígeno (Saavedra, 2006).

CUADRO 4. CONCENTRACIONES DE OXÍGENO Y SUS EFECTOS DE ESTAS FLUCTUACIONES

Oxígeno (ppm)	Efectos
0-0.3	Los peces pequeños sobreviven cortos periodos
0.3-2.0	Letal a exposiciones prolongadas
3.0-4.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente
>4.5	Rango deseable para el crecimiento de los peces.

Fuente: Saavedra, 2006

4.6.2.1 Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto

- Descomposición de materia orgánica: Alimento no consumido, heces, animales muertos
- Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura
- Respiración del plancton y producción de dióxido de carbono
- Nubosidad: Los días opacos o nublados las algas no crecen por lo tanto no producen suficiente oxígeno
- Densidad de la siembra (Cantor, 2007)

4.6.3 PH

La mayor parte de los animales acuáticos, el valor óptimo de pH en referencia a su crecimiento y salud, se sitúa en el rango de 6.5 a 9.0. La tilapia crece mejor en aguas con pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas acidas y toleran hasta pH de 5. Con valores de 6.5-9 se tienen condiciones ideales para el cultivo (Saavedra, 2006).

4.6.4 Amoníaco (NH₃)

Son elementos químicos derivados del nitrógeno, este elemento forma parte

de la proteína, los ácidos nucleicos, pigmentos y otros compuestos. Las necesidades fisiológicas de los peces son satisfechas en pequeñas cantidades y los excedentes son convertidos en desechos nitrogenados que poseen una alta toxicidad. Estos excedentes son desechados por los peces a través de las branquias, orinas y las heces (Iturbide & Franco, 2010).

La tilapia tiene la capacidad de soportar niveles altos de productos nitrogenados en comparación con otras especies de peces, especialmente en nitritos y amoníaco (NO_2 y NH_3). La cantidad de amoníaco total considerado ideal para el cultivo es de 0.1 mg/l. (Iturbide & Franco, 2010).

4.6.5 Nitritos (NO_2)

Es un parámetro de importancia debido a su alta toxicidad y contaminación. Se produce por el proceso químico de nitrificación que abarca desde la descomposición del amoníaco hasta alcanzar la forma de nitrato en presencia de oxígeno disuelto (OD). Como es un producto que se produce de forma continua dentro del cultivo, se considera de gran importancia su continuo monitoreo. Este parámetro químico, afecta el transporte de oxígeno por la hemoglobina de la sangre (SAGPA, 2006).

Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm, haciendo recambios constantes y evitando concentraciones altas de amonio en el agua (Andasol, Escobar, & Montes, 2014).

4.7 Efecto del estrés sobre el crecimiento de los peces

Los peces sometidos a condiciones adversas, reaccionan manifestando desequilibrios endocrinos, hiperplasia celular e inmunosupresión, las lesiones traumáticas y las infecciones constituyen una patología especial de estos

organismos, lo cual tiene como relación la calidad del agua y la introducción de peces en un ambiente cerrado (Mancini, 2002).

Entre los tipos de estrés causante de riesgos en peces se consideran: a) Estrés social, debido a altas densidades de la carga; b) Estrés físico, por cambios en la temperatura, O₂ y pH; c) Estrés químico, por contaminación exógena o endógena; d) Estrés traumático; e) Estrés nutricional (Auro & Ocampo, 1999).

CUADRO 5. PRINCIPALES CAUSAS DE ESTRÉS EN LOS PECES DE CULTIVO

Ambiente	Alimentación	Manejo
Temperatura, salinidad y oxígeno	Tamaño de la ración	Captura
Productos nitrogenados	Calidad proteica y lipídica	Clasificación
Niveles extremos de pH	Nivel y equilibrio de minerales	Carga poblacional
Presencia de contaminantes	Vitaminas	Administración de medicamentos

Fuente: Mancini, 2002

4.7.1 Estrés social

Las altas densidades de la población, así como la jerarquía de los peces en una población son causa de la competencia, tanto de espacio como de alimento y consecuentemente de estrés. Algunos peces como las tilapias son muy agresivos y territoriales, siendo esta una característica de los ciclidos (Auro & Ocampo, 1999).

4.7.2 Estrés físico

- **Temperatura** los peces son animales poiquilotermos, variando su temperatura de acuerdo con la temperatura del medio en que viven. Las

variaciones bruscas de temperatura o temperaturas muy extremas por periodos prolongados, generan estrés, disminución del sistema inmune, disminución del apetito, lo que afecta directamente la tasa metabólica del pez (MAG, 2011).

Al existir un aumento de temperatura arriba de los límites normales ocasiona un aumento de la tasa metabólica y a la vez una mayor demanda energética, por lo que, el organismo consume mayor cantidad de alimento, provocando que la tasa de crecimiento también se vea incrementada. A medida que la temperatura aumente, la tasa metabólica y consumo de alimento seguirán incrementando, pero la tasa de crecimiento comenzara a disminuir, debido a que el organismo estará consumiendo alimento para satisfacer las necesidades de un metabolismo acelerado y no para el crecimiento (Milagros & Saenz, 2015).

En las temperaturas sub-óptimas los peces dejan de alimentarse, el sistema inmune se debilita, y los peces se tornan susceptibles a enfermedades. (Cantor, 2007)

- **pH** cuando la acidez del agua, se ve aumentado por una disminución de oxígeno y aumento de dióxido de carbono o por presencia de altas cargas de materia orgánica es también una de las causas de estrés en los peces (Auro & Ocampo, 1999). Esto ocasiona que el Ion ferroso (Fe^{2+}) se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales, incidiendo directamente en los procesos de respiración, ocasionando altas mortalidades por anoxia (Cantor, 2007).
- **Concentración de oxígeno** las bajas cantidades de oxígeno disminuyen el crecimiento y eficiencia de conversión alimenticia de los animales cultivados. Esto se debe a que no hay cantidad suficiente de oxígeno para el metabolismo oxidativo de los nutrientes ni para obtener la cantidad de

energía necesaria para cubrir todas las necesidades (Milagros & Saenz, 2015).

4.7.3 Estrés químico

El efecto del amonio en los peces tiene propiedades que llegan hacer tóxicos para los peces; se ha demostrado que la toxicidad está determinada por la cantidad de amonio no ionizado en solución en el agua, más que la forma ionizada (Iturbide & Franco, 2010).

La toxicidad del amonio aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el pH se encuentra a valores altos (alcalinos) y la temperatura es alta. Los valores de amonio deben de fluctuar entre 0.01 ppm y 0.1 ppm (Iturbide & Franco, 2010).

Una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueos del metabolismo, daño en las branquias, reducción de la capacidad de los glóbulos rojos en trasportar oxígeno, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades (Rodriguez, 2012).

4.7.4 Estrés traumático

El efecto de la convivencia en grandes densidades o los cultivos en jaulas o estanques, son causas predisponentes a la aparición de heridas; constituyendo una vía de entrada para infecciones bacterianas, virales o micóticas que son causa de pérdidas en la economía acuícola (Rodriguez, 2012).

4.7.5 Estrés nutricional

El estrés nutricional puede deberse a la ausencia de algunos nutrientes ysustancias importantes en la dieta de los peces, pudiendo llegar a perjudicar el

buen desempeño y salud de los peces (Kubitza, 2013). También puede influenciar el mal manejo del alimento ocasionando problemas de degradación o pérdida de nutrimentos o vitaminas (Auro & Ocampo, 1999).

4.8 Producto de fermentación de la *Saccharomyces cerevisiae*

4.8.1 Contribución nutricional

El producto de la fermentación de la *Saccharomyces cerevisiae*, es un producto ya fermentado que aporta células de la pared de la levadura (Beta-glucanos y mananos-oligosacaridos) y materiales del citoplasma (vitaminas, proteínas, péptidos, aminoácidos, nucleótidos, lípidos, ácidos orgánicos, oligosacáridos, esteres y alcoholes) (Perez, 2007).

4.8.1.1 Metabolitos extracelulares

- Compuestos palatables: Nucleotidos, aminoácidos y péptidos
- Compuestos aromáticos: Esteres, Ácidos orgánicos, Alcoholes
- Metabolitos nutricionales: Péptidos, oligosacáridos, Ácidos orgánicos (Perez, 2007).

4.8.2 Interacción de metabolitos y bacterias

El cultivo de la levadura es un sustrato especial que alimenta la microbiota digestiva, fomentando su reproducción, crecimiento, potencializando y estabilizando su cinética. Esto mediante la aportación de metabolitos nutricionales provenientes del citoplasma de la levadura (péptidos, oligosacáridos, Ácidos grasos) llegando a mejorar la microbiota intestinal y así aumentar la tasa de crecimiento, la digestión de los alimentos y la eficacia del alimento en el crecimiento del animal. El cultivo de levadura además aporta un sabor agradable

al alimento mediante compuestos palatables (Esteres, Ácidos orgánicos, Alcoholes) y aromáticos (Esteres, Ácidos orgánicos y Alcoholes) (Perez, 2007).

La pared celular de las levaduras son ricos en Beta-glucanos y mananos-oligosacaridos estos carbohidratos modifican las respuesta inmune no especifica, aumentando el número de linfocitos circulantes, estimulando la fagocitosis, la secreción de citoquinas, el rol defensivo de la mucosa y la protección contra el daño estructural y funcional secundario a patógenos. Los animales que reciben el producto de fermentación de la levadura presentan un mejor estado sanitario que se puede traducir en una mejora del crecimiento y/o índice de conversión (Perez, 2007).

4.9 Inmunoestimulantes

Los inmunoestimulantes se definen como sustancias que potencian el sistema inmunitario y aumentan la resistencia frente a las enfermedades infecciosas, son compuestos químicos, que existen como elementos estructurales principalmente de las bacterias, hongos y levaduras, que activan los leucocitos y por lo tanto confieren al animal mayor resistencia a las enfermedades (Vázquez, Rondon, & Eslava, 2012).

Dentro de los inmunoestimulantes se pueden mencionar: a) Elementos estructurales de bacterias (lipopolisacaridos, lipopeptidos, glicoproteínas y muramilpeptidos), b) productos de β -1,3/1,6 glucanos, provenientes de bacterias, hongos miceliales y levaduras; C) Carbohidratos de estructuras complejas (glucanos); d) Estimuladores de crecimiento de la flora intestinal positiva: Prebióticos; e) Probióticos; f) Ácidos grasos, vitaminas, carotenoides (Vázquez et al., 2012). Los inmunoestimulantes más utilizados en peces, se encuentran los Beta-glucanos (principalmente extraídos de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) (INDUALIMENTOS, 2013).

4.9.1 β -glucano

Los beta-glucanos son polisacáridos estructurales de la pared de levaduras y hongos, poseen una potente función inmunoestimulante y consisten en monómeros de glucosa unidos entre sí mediante enlaces glucosídicos β 1, 3 y β 1, 6. Funcionan como adyuvantes e inmunoestimulantes incrementando las actividades de macrófagos de células T, B y NK (Barragan, 2004). Dicho efecto es debido a la capacidad de los β -glucano de estimular receptores del sistema inmune innato presentes en la membrana de los enterocitos, de las células M (microplasmadas) y de las células dendríticas, mejorando la actividad fagocítica de los macrófagos y la actividad antimicrobiana de las células mononucleares y de los neutrófilos (Pizarro, Ronco, & Gotteland, 2014).

El principal receptor implicado en el efecto de los β -glucano sobre la inmunidad sería la dectina-1, estos cumplen un rol esencial en la respuesta inmune innata dirigida contra virus, bacterias, levaduras y hongos, contribuyendo al reconocimiento y eliminación de patógenos. Este receptor es expresado en células inmunes tales como las células dendríticas, los neutrófilos, eosinófilos y monocitos así como en algunas poblaciones de células T y B y, en menor medida, en macrófagos y enterocitos (Pizarro et al., 2014)

Cuando el receptor es acoplado por el β -1,3/1,6-glucano, las células comienzan a ser más activas en fagocitar, destruir y digerir bacterias y al mismo tiempo secretan citoquinas las cuales estimulan la formación de nuevos leucocitos. Cuando estos son administrados oralmente, los β -1,3/1,6-glucanos estimulan receptores de células M dentro de las placas de Peyer en la mucosa intestinal lo que provee una señal sistémica mediada por citoquinas que es desencadenada por el sistema linfático asociado al intestino (GALT) o a mucosas (MALT), que estimula los componentes del sistema inmune (Barragan, 2004).

4.9.2 Efecto de β -glucano en peces

Se ha demostrado que el reconocimiento de β -glucanos activa directamente los leucocitos, estimula la fagocitosis, la actividad citotóxica y antimicrobiana, estos carbohidratos modulan la producción de mediadores proinflamatorios, citoquinas y quimioquinas como IL-8 (interleuquina-8), IL-1 β , IL-6 y TNF (factores de necrosis tumoral alfa), otorgando una mejor y más rápida capacidad de respuesta, que resulta en una mayor resistencia a patógenos (Vazquez et al., 2012).

Los β -glucanos, tienen el potencial de incrementar las tasas de supervivencia de peces, al ser usados como medida profiláctica. Dietas con suplementos de β -glucanos son una opción para mejorar la actividad defensiva y por lo tanto la resistencia a enfermedades. Unos de los aspectos de importancia es su potencial para activar las células Th 17 (linfocitos T helper) de los peces, que ofrece un incremento en la resistencia a enfermedades de la mucosa (Vazquez et al., 2012).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la Granja Salona Corporation S.A. de C.V. que se encuentra en el municipio de Nahulingo, departamento de Sonsonate, El Salvador, el cual se encuentra a una altitud 210 msnm, que posee un clima tropical seco.

5.1.1 Materiales

5.1.2 Recursos humanos

- Estudiante investigador.
- Asesores de tesis.
- Personal de la finca donde se realizara el estudio.

5.1.3 Recursos de campo

- Vehículo.
- Medidor de oxígeno.
- Medidor de niveles de pH.
- Termómetro.
- Cámara fotográfica.
- Pie de rey.
- Bascula digital.
- Estanques con geomembrana.

5.1.4 Recursos biológicos

- Peces: Provenientes de Aquacorporación de El Salvador S.A de C.V, transportados en 3 contenedores cada uno poseía una cantidad de un aproximado de 10,000 peces.
- Fermento de levadura.
- Alimento de tilapia 38% de proteína cruda.

5.1.5 Recursos de escritorio

- Computadora.
- Impresora.
- Libreta de apuntes.
- Lapiceros y lápices.

5.2 Metodología

5.2.1 Fuente de agua

La fuente de agua fue obtenida de un manantial esta fluye hacia los estanques por gravedad.

5.2.2 Diseño experimental

La infraestructura que se utilizó fueron 6 estanques (anexo 1) con geomembrana, cada estanque posee una capacidad de 80 m³, con una profundidad de 1 m. Se trabajó con un estimado de 5000 animales en cada estanque.

La investigación se inició con alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*), de la línea GIFT (tilapia cultivada genéticamente mejorada) con peso promedio de 3

gramos al ser ingresados a pre-cría. Se trabajó con una densidad de siembra de 62 peces m³.

El experimento fue diseñado de una forma aleatoria, donde se utilizaron 6 estanques divididos en 2 tratamientos, tres estanques por tratamiento.

Tratamientos:

- Tratamiento testigo: Alimento comercial sin adición de metabolitos nutricionales fermento de levadura.
- Tratamiento experimental: Alimento comercial con adición de metabolitos nutricionales a dosis de 1.25 kg/Tm.

Se realizaron tres replicas, el periodo experimental duro 42 días, a partir del desdoblamiento de la población pasando de la fase de alevín a juvenil. Los monitoreos se llevaron a cabo cada 7 días.

5.2.3 Desdoblamiento

La primera fase al ingresar los alevines consistió en adaptación donde se inició la siembra en 3 estanques a densidad 10,000 peces por estanque, esta fase tomo un periodo de una semana. Luego se realizó un desdoblamiento de población hacia estanques homólogos, estos fueron sorteados con el propósito de distribuir los tratamientos completamente al azar (anexo 2).

5.2.4 Parámetros de la calidad de agua

La temperatura, pH y oxígeno del agua se monitorearon diariamente mediante equipo medidor.

La temperatura se tomó en grados centígrados (28-32°C), el pH se midió en un rango de 6.5-9 y el oxígeno en un rango de >4.5 ppm.

5.2.5 Alimento

Se utilizó alimento comercial extruido con un contenido mínimo de 38% de proteína. Se utilizaron 40 quintales de concentrado para todo el ensayo.

Para el cálculo de ración, se tomó como referencia la tabla de alimentación propuesta por Llanes y Toledo (2006). La ración que se utilizó fue dividida en 5 tiempos.

5.2.6 Control de depredadores

A fin de evitar el efecto depredador de las aves se colocaron mallas de hilo de monofilamento sobre cada estanque.

5.2.7 Muestra a tomar

Las mediciones se realizaron tomando una muestra de 357 animales, la cual se obtuvo mediante la fórmula para cálculo de muestra de poblaciones finitas para estimación de promedio.

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

n: Muestra

σ : Desviación estándar: 0.5

Z: Nivel de confianza: 95% (1.96)

e: Error de estimación: 5%

N: Población total (5,000 animales)

Se utilizó un sub-muestreo de peces por estanque, para el efecto se utilizó la misma fórmula de poblaciones finitas para estimación de promedio, obteniendo una población de 185 animales debido a que la fase de investigación tuvo una duración de 42 días se estuvieron realizando 6 muestreos por lo tanto por cada muestreo se trabajaron con 31 peces por estanque.

n: Muestra

σ : Desviación estándar: 0.5

Z: Nivel de confianza: 95% (1.96)

e: Error de estimación: 5%

N: Población total (357 animales)

Cada semana se muestrearon 31 peces por estanque en pre-cría con el propósito de evaluar las variables de crecimiento de peso (g) y talla (cm). Al final del periodo experimental se determinó la tasa de mortalidad y se comparó entre tratamientos evaluados.

5.2.8 Variables a evaluar

En la fase de campo para el control y manejo del cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* se consideraron y evaluaron las siguientes variables:

- Variables de crecimiento (talla, peso e índice de condición)
- Tasa de supervivencia
- Conversión alimenticia

5.2.9 Parámetros de crecimiento

Se tomaron datos de peso en gramos y de longitud total en centímetros cada 7 días durante el periodo de cultivo (anexo 3).

La información obtenida fue dirigida para obtener los resultados de los siguientes indicadores:

- Tasa de crecimiento.
- Conversión alimenticia.
- Índice de condición.

Fórmulas utilizadas:

- **Tasa de crecimiento**

$$\text{TCD} = \frac{\text{PF} - \text{PI}}{\text{T}}$$

TCD: Tasa de crecimiento diario

PF: Peso final al muestreo

PI: Peso inicial al muestreo

T: Tiempo

- **Conversión alimenticia**

Para el cálculo del FCA se hizo en base a la biomasa existente y alimento brindado, se asumió que todo el alimento fue consumido.

$$\text{FCA} = \frac{\text{Total de alimento consumido (kg)}}{\text{Total de peso húmedo ganado (kg)}}$$

FCA: Factor de conversión alimenticia

- **Índice de condición**

$$IC = \frac{P \times 100}{L^3}$$

IC: Índice de condición

P: Peso en gramos

L: Longitud en centímetros

5.2.10 Supervivencia

Para la estimación de la tasa de supervivencia diariamente se colectaron peces muertos y al finalizar el periodo experimental se computaron y compararon con las poblaciones finales existentes determinando el porcentaje de supervivencia.

5.3 Análisis estadístico

5.3.1 Diseño estadístico

Para analizar los resultados se utilizó estadística descriptiva y posteriormente para cada una de las variables de peso (g), talla (cm) e Índice de condición se realizó una comparación de medias para poblaciones independientes utilizando el estadístico de T de Student a una probabilidad de 95% de confianza.

Para la variable de supervivencia, se llevó un registro de la mortalidad y se utilizó la prueba de *Chi-cuadrado*.

5.3.2 Análisis de la información

La tabulación de datos se hizo a través de Microsoft Excel 2010. Para el análisis estadístico de resultados se utilizó INFOSTAT con 95% de confianza y 5% de error.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **Supervivencia**

Los datos analizados mostraron que no hubo una diferencia significativa con respecto a los tratamientos evaluados. ($P>0.05$), los resultados obtenidos pueden ser observados en el cuadro 6.

La mayor mortalidad se observó en el estanque pre-cría 5 bajo el tratamiento experimental, considerándose un efecto asociado al impacto de alta densidad relacionado a un mal desdoblamiento en donde uno de los estanques quedo con mayor población que su homólogo (estanque P5 vs estanque P3) (anexo 4) lo que genero problemas en el crecimiento, calidad de agua y posterior mortalidad registrada.

En atención a esta alta densidad presentada en el estanque pre-cría 5 y posterior a una fuerte lluvia generando escorrentías provocó un cambio drástico en la calidad del agua del estanque lo que propicio estrés a los organismos y un desequilibrio en el sistema favoreciendo la proliferación de organismos patógenos los que provocaron mortalidad, coincidiendo con lo reportado por Aziza T.F (2010) quien indica que factores estresantes como densidades altas y falta de alimento, llegan a generar ambientes desfavorables a los organismos vivos incrementando así su susceptibilidad a agentes patógenos debido a una disminución en el sistema inmunitario.

Por alta mortalidad reportada, se realizó un análisis de necropsia de los peces donde se encontraron hallazgos clínicos de ascitis, palidez de hígado y enteritis hemorrágica (anexo 5) asociándose a patógenos oportunistas relacionados a mala calidad de agua en estanques de cultivo de tilapia.

Para obtener un diagnóstico definitivo se tomó muestra de peces sobrevivientes y de agua (anexo 6) del estanque afectado y del reservorio los cuales fueron enviados al laboratorio del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Los resultados reportados correspondieron a la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Aeromonas hydrophila* tanto en agua como en peces (cuadros 7 y 8).

CUADRO 6. SUPERVIVENCIA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EVALUADOS

Supervivencia por tratamiento			
Control		Experimental	
P2	97.06%	P1	97.70%
P3	96.66%	P4	97.38%
P6	97.14%	*P5	94.78%

Fuente: Elaboración propia

Densidad de siembra 5,000 peces/estanque. Según análisis de Chi Cuadrado, no se detectó diferencia significativa en tasa de supervivencia entre piscinas y tratamientos evaluados ($P > 0.05$) *Estanque que presentó la mayor mortalidad

CUADRO 7. RESULTADOS OBTENIDOS EN ANÁLISIS DE AGUA

Determinación	Especificaciones	Resultados
Salmonella	Ausencia	Ausencia
<i>Vibrio Sp</i>	Ausencia	<100 UFC/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Presencia

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 8. RESULTADOS OBTENIDOS DEL AISLAMIENTO DE LA MUESTRA DE PECES

Determinación	Resultado
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Presencia
<i>Echerichia coli</i>	Presencia
Levaduras	Presencia

Fuente: Elaboración propia

- **Talla y peso**

En relación a las variables peso (g) y talla (cm) se obtuvieron los siguientes hallazgos.

Los datos analizados al final del periodo experimental indicaron que no existió una diferencia significativa ($P>0.05$) en relación a las variables peso y talla entre tratamientos. Sin embargo si existió diferencia ($P<0.05$) en los primeros 21 días donde los peces alimentados con alimento comercial con adición de metabolitos nutricionales mostraron mayores tasas de crecimiento en peso y talla, al día 28 se empezó a observar un estancamiento del crecimiento en estos peces, probablemente derivado a un mal ajuste de la tasa de alimentación provocando una detención en el crecimiento en base al peso, los resultados pueden ser observados en la cuadro 9 y 10.

Al analizar los datos por muestreo, se observa que al séptimo día se presentaron mayores crecimientos por parte de los peces en tratamiento experimental, presentando mayores pesos y tallas con medias de 8.82 g y 7.57 cm y 7.48 g y 7.13 cm con respecto al tratamiento testigo, con diferencia significativa ($P<0.05$) (cuadro 9 y 10) demostrando la efectividad de los metabolitos producto de la levadura en la adecuación de la microbiota intestinal. Una tendencia que se mantuvo hasta los 21 días puede ser observado en el anexo 8 y 9. Los peces en el tratamiento experimental mostraron mayor talla, lo cual indica que crecieron en longitud es lo que se espera al inicio del crecimiento de la tilapia, Franco (2011) indica que el pez en sus primeras etapas de crecimiento se caracteriza por un crecimiento lento hasta alcanzar los 25 gramos cuando se acelera en tendencia exponencial.

Debido a que los peces con tratamiento experimental estuvieron creciendo más en peso y talla en las primeras semanas del tratamiento, requirieron un

reajuste en la ración de alimento que no se hizo. El producto de fermentación de la levadura estimula el apetito por contener compuestos palatables y nutricionales (Esteres, Ácidos orgánicos, Alcoholes, vitaminas, proteínas, péptidos, aminoácidos, nucleótidos, lípidos, ácidos orgánicos, oligosacáridos y esterres) según Pérez (2007). Los peces requirieron más alimento para compensar el crecimiento en talla y peso por lo tanto, había una mayor demanda nutricional que debió compensarse con mayor cantidad de alimento. Al no cumplir con estas exigencias los peces mostraron un retraso en el crecimiento por un metabolismo alterado. Resultados que coinciden con lo expresado por Rodríguez (2012) donde menciona que el alimento, es generador de estrés por accesibilidad en cantidad y calidad, generalmente el problema se presenta por composiciones no ajustadas a los requerimientos nutricionales de la especie cultivada y según la intensidad de cultivo.

Además de un inadecuado reajuste del alimento, se presentaron dificultades asociadas al tamaño del pelet en el cual se presentó con un pelet de 2X2 mm siendo este no adecuado para el estadio en que se encontraba el pez, por lo tanto se optó inicialmente en moler el alimento, pero al generar una partícula muy fina, esta se perdió cuando era administrada a los estanques. Por lo que posteriormente, se prefirió mezclar el alimento con agua formando pequeñas masas (alimentación en bola) (anexo 7) que fueron distribuidas en varios puntos del estanque; la práctica de la alimentación en bola fue aplicado para ambos tratamientos.

Akiyama y Chwang (1990) mencionan que en alimentos acuícolas, una gran cantidad de nutrientes se disuelven en el agua en las primeras horas, después de haber suministrado el alimento. Esto pudo haber ocurrido a la hora del macerado del alimento, al aplicarle agua y dejarlo en reposo un tiempo, aumentando la capacidad de lixiviación. Esto concuerda con el estudio realizado por Rodríguez (2010) donde reporto una disminución de proteína arriba del 10% en el pelet

pasada la primera hora de contacto con el agua. El mal reajuste de la ración de alimento y la pérdida de nutrientes por aumento en la capacidad de lixiviación son factores que probablemente llegaron a afectar el crecimiento de los peces recibiendo tratamiento experimental.

A diferencia de lo observado en los primeros muestreos, no se observó diferencia ($P>0.05$) en peso y talla en peces para ambos tratamientos al final de los 42 días del periodo experimental, sin embargo se observó una tendencia a mayor crecimiento en el tratamiento con adición de metabolitos el cual pudo haberse observado con mayor precisión si se hubiera ajustado el alimento.

CUADRO 9. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN BASE A PESO

		DÍAS DE CULTIVO				
Tratamiento	Variables	7	14	21	28	42
1 Control	Peso	7.48 (±3.08) b	9.82 (±4.80) b	13.24 (±5.80) a	17.2 (±6.99) a	26.15 (±11.07)a
2 Experimental		8.82 (±3.72) a	10.93 (±4.94) a	13.32 (±5.59) a	15.89 (±1.29) a	26.28 (±12.60)a

Fuente: Elaboración propia

Letras similares son estadísticamente similares ($P>0.05$). IC: Índice de condición.

CUADRO 10. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN BASE A TALLA

		DÍAS DE CULTIVO				
Tratamiento	Variables	7	14	21	28	42
1 Control	Talla	7.13 (±0.9) b	7.77 (±1.25) b	8.56 (±1.19) a	9.36 (±1.27) a	10.55 (±1.36)a
2 Experimental		7.57 (±0.99) a	8.21 (±1.12) a	8.81 (±1.16) a	9.21 (±1.29) a	10.61 (±1.59) a

Fuente: Elaboración propia

Letras similares son estadísticamente similares ($P>0.05$).

- **Conversión alimenticia**

Para el factor de conversión alimenticia los valores fueron ajustados según biomasa existente y a la cantidad de alimento brindado.

Los resultados obtenidos muestran una conversión alimenticia de 1.5:1 por parte del tratamiento control que es un resultado más favorable que el obtenido por el tratamiento experimental de 1.7:1 (cuadro 11).

Al no considerar el factor de conversión reportado para el estanque P5 de 2.18 lo cual correspondió a un estanque problema asociado a altas mortalidades, se estima un promedio de las otras dos unidades (1.49 y 1.41) de 1.47 de conversión alimenticia superior al presentado por el tratamiento control.

Producto de la inclusión de metabolitos de levadura en acuicultura se reporta la mejora en las tasas de digestión y absorción de nutrientes, según lo reportado por Pérez (2007) coincidiendo con lo observado en el presente estudio.

CUADRO 11. FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Factor de conversión alimenticia			
Tratamiento Control		Tratamiento Experimental	
P2	1.64	P1	1.49
P3	1.49	P4	1.41
P6	1.51	P5	2.18*
MEDIA	1.5 ± (0.08)		1.7 ± (0.4)

Fuente: Elaboración propia

*Estanque asociado a mortalidades por *Pseudomonas* y *Aeromonas*.

- **Tasa de crecimiento**

La tasa de crecimiento mostro una tendencia similar entre tratamientos evaluados esto puede ser observado en la cuadro 12 y 13. Derivado de las problemáticas al inicio del periodo experimental las que impactaron en los resultados finales, se observa que los peces en el tratamiento control al final de la evaluación presentaron mejores resultados que el tratamiento experimental especialmente en los últimos muestreos. Al comparar los tratamientos eliminando los resultados del estanque P5 se observa una tasa de crecimiento similar entre peces en los tratamientos evaluados. La mayor variación expresada en variación estándar en tasa de crecimiento observado que fue mayor en el tratamiento experimental, producto del mayor consumo de alimento en peces de mayor peso y menor disponibilidad en aquellos de menor peso.

La curva de crecimiento de los peces inició con un crecimiento lento en donde el pez empieza con el desarrollo de su ontogenia digestiva, este periodo se caracteriza por tener bajas tasas de crecimiento, al llegar a un peso de 25 gr el pez inicia con su crecimiento exponencial hasta alcanzar los 280-300 g en donde alcanza un plateus y se estabiliza. En el caso de los peces evaluados al encontrarse en su fase de inicio o fase de latencia mostraron tasas de crecimiento bajos lo cual concuerda con lo dicho por Franco (2011) que la fase de crecimiento exponencial inicia al alcanzar un peso de 25 g.

CUADRO 12. TASA DE CRECIMIENTO PARA ESTANQUE CONTROL (G/DÍA)

	DÍAS DE CULTIVO					
Estanque	0	7	14	21	28	42
Control						
P2	-	0.28	0.43	0.32	0.22	0.76
P3	-	0.22	0.50	0.28	0.45	0.81
P6	-	0.43	0.14	0.41	0.36	0.80
MEDIA		0.31	0.36	0.33	0.34	0.79
DESVIACIÓN ESTANDAR		0.10	0.19	0.06	0.11	0.02

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 13. TASA DE CRECIMIENTO PARA ESTANQUE EXPERIMENTAL (G/DÍA)

	DÍAS DE CULTIVO					
Estanque	0	7	14	21	28	42
Experimental						
P1	-	0.41	0.41	0.37	0.35	0.77
P4	-	0.53	0.26	0.38	0.41	0.81
P5	-	0.35	0.34	0.14	0.27	0.51
MEDIA		0.43	0.34	0.30	0.34	0.70
DESVIACIÓN ESTANDAR		0.09	0.07	0.13	0.07	0.16

Fuente: Elaboración propia

- **Índice de condición**

No existió una diferencia significativa ($P > 0.05$) en cuanto al índice de condición. Reforzando la teoría sobre la limitación del alimento en peces bajo tratamiento experimental (cuadro 14)

Los peces del tratamiento experimental en los primeros 21 días mostraron un mayor crecimiento, pero por la falta de alimento no llenaron los requerimientos

nutricionales para crecimiento acelerado generado por los metabolitos producto de la levadura, este estrés resulto en un incremento en la demanda de energía con el propósito de resolver la problemática impuesta por el factor estresor (Iwama, Pickering, Sumpter & Schreck. 1997), habiendo peces con una condición corporal baja, por lo tanto se tuvo que haber reajustado la ración de alimentación acorde a las exigencias de los peces que recibían alimentación con metabolitos nutricionales.

En ambos tratamientos, los peces mostraron índices de condición acorde a la etapa fisiológica.

CUADRO 14. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN BASE A ÍNDICE DE CONDICIÓN

Tratamiento	Variables	DÍAS DE CULTIVO				
		7	14	21	28	42
1 Control	IC	1.90 (±0.38) a	1.97 (±0.37) a	1.98 (±0.31) a	1.97 (±6.96) a	2.09 (±0.23)a
2 Experimental		1.89 (±0.28) a	1.90 (±0.27) a	1.95 (±0.24) b	1.93 (±0.22) a	2.01 (±0.22)b

Fuente: Elaboración propia

Letras similares son estadísticamente similares ($P>0.05$). IC: Índice de condición.

VII. CONCLUSIONES

- Según resultados obtenidos en el índice de supervivencia no se detectó una diferencia significativa ($P>0.05$) para esta variable entre ambos tratamientos aun cuando se tuvo problemas con uno de los estanques en el tratamiento experimental.
- La adición de metabolitos nutricionales producto de la *Saccharomyces cerevisiae* durante el periodo de investigación no generó un impacto sobre la conversión alimenticia de los peces recibiendo tratamiento experimental.
- En los primeros dos muestreos se observó una diferencia significativa ($P<0.05$) con respecto a la talla y ganancia de peso en peces bajo tratamiento experimental, reforzando la teoría sobre los beneficios brindados por los metabolitos nutricionales de la levadura que actúan sobre la microbiota intestinal favoreciendo el metabolismo nutricional.
- Los metabolitos nutricionales producto de la *Saccharomyces cerevisiae* no mostraron una diferencia significativa ($P>0.05$) para el índice de condición bajo las características de este estudio.

VIII. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación durante un ciclo completo de engorde para evaluar el efecto bio-acumulable en las variables de crecimiento, supervivencia y bienestar general.
- Ajustar las tasas de alimentación en investigaciones con productos bio-aprovechables para así sustentar las demandas adicionales de nutrientes.
- Utilizar densidades más bajas para evitar dificultades en la toma de muestra.
- Evitar proliferación de agentes patógenos al experimentar un cambio en la calidad de agua, por lo que es ideal trabajar con filtros en la salida del reservorio con el propósito de mejorar las condiciones de los estanques.

IX. RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el uso de metabolitos nutricionales producto de la fermentación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) incorporada en el alimento balanceado de tilapia comparándolo con un tratamiento testigo. El estudio tuvo una duración de 42 días en donde se determinó el índice de supervivencia, conversión alimenticia, tasa de crecimiento e índice de condición. Para los resultados obtenidos de peso, talla e índice de condición fueron tabulados y evaluados estadísticamente utilizando la prueba de T de Student al 95% de confianza y para la tasa de supervivencia se llevó un registro de la mortalidad y se utilizó la prueba de *Chi-cuadrado*.

En la tasa de supervivencia se presentaron resultados sin diferencia significativa ($P > 0.367$) entre tratamientos, siendo pre-cría 5 el estanque más afectado por las limitantes que se enfrentaron durante la fase de investigación.

Los resultados obtenidos con respecto al peso (g) y talla (cm) no mostraron una diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos, pero al evaluar los datos por muestreos se observó una tendencia favorable sobre el tratamiento experimental, tendencia que se mantuvo hasta llegar a los 21 días, en donde las variables de crecimiento ya no mostraron un incremento, probablemente por el mal ajuste en la ración de alimento.

Las demás variables de conversión alimenticia, tasa de crecimiento e índice de condición mostraron que no hay una diferencia entre tratamientos, reforzando la teoría sobre las limitantes con respecto al alimento que se afrontaron durante la fase experimental.

Las limitantes presentadas en la fase experimental influyeron en los resultados obtenidos en las variables de crecimiento y tasa de supervivencia, mostrando que no hay diferencia entre tratamientos.

SUMMARY

In the present study the use of nutritional metabolites, product of the fermentation of the yeast incorporated in the balanced feed of tilapia, was evaluated, comparing it with a control treatment. The study lasted 42 days in which the survival rate, feed conversion, growth rate, and condition index were determined. For the results obtained in weight, height and condition index were tabulated and statistically evaluated using the Student's T test at 95% confidence and for the survival rate a mortality record was kept and the Chi-test was used.

In the survival rate, results were presented without significant difference ($P > 0.367$) between treatments, being the fifth pond most affected by the limitations that were faced during the research phase.

The results obtained in weight (g) and height (cm) did not show a significant difference ($P > 0.05$) between the treatments, but when evaluating the data individually a favorable tendency was observed on the experimental treatment, a trend that was maintained until reaching 21 days, when the growth variables no longer showed an increase, probably due to the bad adjustment in the food ration.

The other variables of food conversion, growth rate and condition index showed that there is no difference between treatments, reinforcing the theory about the limitations with the food ration that were faced during the experimental phase.

The limitations presented in the experimental phase influenced the results obtained in the variables of growth and survival rate, showing that there is no difference between treatments.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andasol, I., Escobar, D., & Montes, N. (2014). *Caracterización ectoparasitológica de alevines (Oreochromis niloticus) en los laboratorios de cultivo en EL Salvador*. (Tesis pregrado). Universidad de El Salvador, El Salvador.
2. Arevalo, T., & Marin, A. (2011). *Comparación del rendimiento del cultivo de tilapia del nilo (Oreochromis niloticus) utilizando machos reversados versus machos genéticamente mejorados cridado en sistema intensivo*. (Tesis pregrado). Universidad de El Salvador, El Salvador.
3. Auro, A., & Ocampo, L. (1999). Diagnostico del Estres en Peces. *Veterinaria Mexico*, 30(4),337-344.
4. Ashraf, A. Abd El Tawab, Ahmed, A. A. Maarouf, Nesma, M.G. Ahmed (2016). *Detection of virulence factors of Pseudomonas species isolated from fresh water fish by PCR*. *Benha Veterinary Medical Journal*, 30(1), 199-207
5. Aziza, T.F (2010). *Effect of different stress factors on some physiological parameters of Nile Tilapia*. Recuperado de file:///C:/Users/Win10/Backup%20Desktop%20-%2015-0217/U/Aqua/TESIS/Documentos%discusion /Effect%20of%20different%20stress%20factors%20on%20some%20physiological%20parameters%20o%20Nile%20tilapia%20(Oreochromis%20niloticus).html
6. Barragan, R. (2004). Inmunoestimulantes en Medicina Veterinaria. *ORINOQUIA*, 8(2), 56-75.
7. Cantor, F. (2007). *Manual de Produccion de Tilapia*. Recuperado de <http://es.slideshare.net/JCAMILOMOR/manual-de-produccion-de-tilapia>

8. Escobar, L., Olvera, M., & Puerto, C. (2006). *Avances Sobre la Ecología Microbiana del Tracto Digestivo de la Tilapia*. Recuperado de http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/8Olverafinal.pdf
9. FAO. (2016). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5798s.pdf>
10. FAO. (2016). *Oreochromis niloticus*. Recuperado de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en
11. FAO. (2014). *Contribucion de la pesca y la acuicultura a la seguridad alimentaria y el ingreso familiar en Centroamerica*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3757s.pdf>
12. Hsien-Tsang, S., & Martin, Q. (2008). *Manual sobre reproduccion y cultivo de tilapia*. Obtenido de <file:///C:/Users/user7/Desktop/U/TESIS/TES/Manual%20de%20Producci%3Bn%20y%20Cultivo%20de%20Tilapia.pdf>
13. IICA; MAG. (2011). *Caracterizacion de la Cadena Productiva de Acuicultura*. Reecuperado de http://legacy.iica.int/Esp/regiones/central/salvador/Documentos/ Documentos%20PAF/ caracterizacion_acuicola_tilapia.pdf
14. INDUALIMENTOS. (2013). *Uso de β -glucanos como Inmunoestimulantes en la Acuicultura*. Obtenido de <http://www.dinta.cl/wp-dintacl/wp-content/uploads/Betaglucanos.pdf>
15. Iwama, G.K, Pickering A.D, Sumpter J.P, Schreck C.B. (1997). *Fish Stress and Health in Aquaculture*. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=xKKBmYE7WXwC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

16. Iturbide, K., & Franco, L. (2010). *Piscicultura, Manual dirigido a Tecnicos*. Obtenido de http://www.altiplano.uvg.edu.gt/proyectos/cdr/practicas/2010/Piscicultura/Piscicultura_tecnicos.pdf
17. Kubitzka, F. (2013). *Nutricion y Sanidad en el cultivo de Tilapia*. Obtenido de http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//130910_Nutrici%C3%B3n%20y%20Sanidad%20en%20cultivos%20de%20tilapias.pdf
18. Llanes, J., & Toledo, J. (2006). *Nutricion y Alimentacion de la Tilapia*. *ACPA*, (4), 53-59
19. Luchini, L. (2006). *Tilapia: Su Cultivo y Sistemas de Produccion*. Obtenido de [http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/_archivos//000008Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%201\).pdf](http://www.minagri.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/_archivos//000008Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%201).pdf)
20. Mancini, M. (2002). *Introduccion a la Biologia de los Peces*. Obtenido de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/07-introduccion_biologia_peces.pdf
21. MAG. (2011). *Manual Basico de Sanidad Piscicola*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>
22. Molinari L, Oliveira D, Bochi R, Rodrigues L, Vataru C, Ueda-Nakamaru T, Alves B, Dias, T. (2003). *Bacteria microflora in the gastrointestinal tract of Nile Tilapia, Oreochromis niloticus, cultured in a semi-intensive system*. *Maringa*, 25(2), 267-271.
23. NICOVITA. (2010). *Manual de Crianza de Tilapia*. Obtenido de <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

24. Nuñez de la Rosa, M. (2011). *Evaluación preliminar de las poblaciones bacterianas asociadas al tracto intestinal de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) expuesta a aceites esenciales de oregano en la dieta.* (Tesis postgrado). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
25. Perez, M., & Saenz, M. (2015). *Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos Sexos, en sistemas de producción semi-intensivos.* (Tesis pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
26. Perez, H. (2007). Beneficios de las levaduras vivas en la obtención de productos con actividad probiótica. *ICIDCA*, XLI (3), 35-41.
27. Pizarro, S., Ronco, A., & Gotteland, M. (2014). β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? *Rev Chil Nutr*, 41 (3), 439-446.
28. Rodríguez, A. (2012). El estrés en Peces de Granja. *Investigación Pecuaria*, 1(1) 47-52.
29. Rodríguez, L. (2011). *Perdida de nutrientes del alimento comercial para camarón marino por exposición de dos tipos de agua.* (Tesis pregrado), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
30. Saavedra, M. (2006). *Manejo de Producción de Tilapia.* Recuperado de <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
31. SAGPA. (2006). *Sistema de Recirculación en Acuicultura.* Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/37-sistemas_recirculacion.pdf
32. Vazquez, J., Santos, C., Moreno-de la Torre, R., & Estrada, C. (2014). *Manual para la Producción de Supermachos de Tilapia del Nilo.* Recuperado de <http://www.unpa.edu.mx/investigacion/27%20de%20feb%202015%20lectura.pdf>

33. Vazquez, M., Rondon, I., & Eslava, P. (2012). Inmunoestimulantes en teleosteos: Probiotico, β -glucanos y LPS. *ORINOQUIA*, 16(1), 46-62.
34. Zhou, Z., He, S., Liu, Y., Cao, Y., Meng, K., Yao, B., Ringo E., Yoon, I. (2011). Gut microbial status induced by antibiotic growth promoter alters the prebiotic effects of dietary DVAQUA1 on *Aeromonas hydrophila*-infected tilapia: Production, intestinal bacterial community and non-specific immunity. *Veterinary Microbiology*, 149(2), 399-405.

XI.ANEXOS



ANEXO 1 ESTANQUES EN DONDE SE REALIZÓ LA FASE EXPERIMENTAL

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 2 DESDOBLAMIENTO DE ESTANQUES

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 3 MEDICIONES EN TALLA Y PESO

Fuente: Elaboración propia



PRECRÍA3

PRECRÍA5

ANEXO 4 PRESENCIA DE MAYOR CANTIDAD DE PECES EN PRECRÍA 3 VS PRECRÍA 5

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 5 NECROPSIA EN PECES POR ALTAS MORTALIDADES, PRESENCIA DE ENTERITIS HEMORRÁGICA, PALIDEZ EN HIGADO Y ASCITIS

Fuente: Elaboración propia

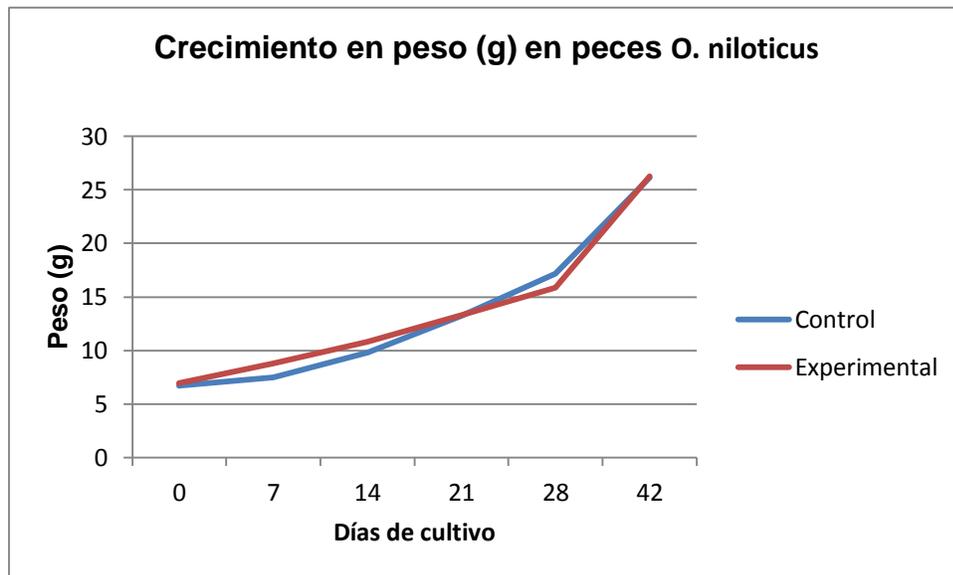


ANEXO 6 TOMA DE MUESTRA EN PECES PARA ANÁLISIS EN LABORATORIO. Fuente: Elaboración propia



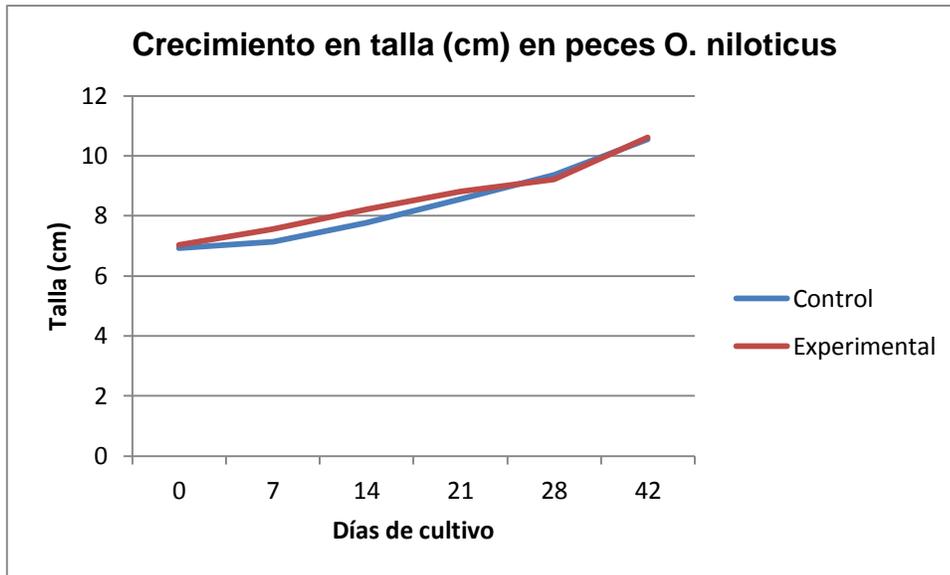
ANEXO 7 PREPARACIÓN DEL ALIMENTO EN MASA (ALIMENTO EN BOLA)

Fuente: Elaboración propia



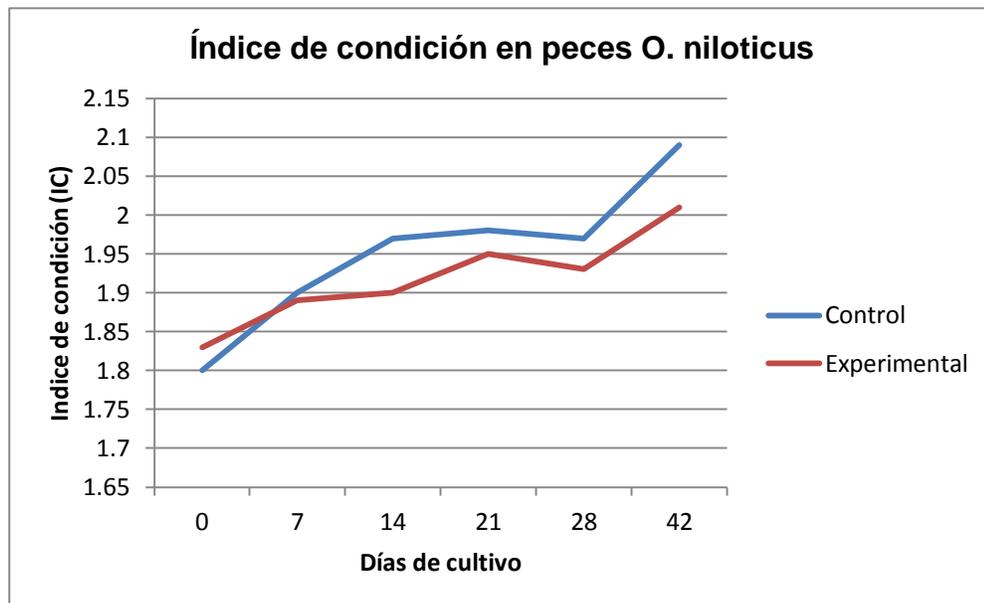
ANEXO 8 MUESTRA CRECIMIENTO EN PESO (G) DE LOS PECES, SEGÚN TRATAMIENTOS EVALUADOS

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 9. MUESTRA LA TENDENCIA DE CRECIMIENTO EN TALLA (CM) DE LOS PECES, SEGÚN TRATAMIENTOS EVALUADOS

Fuente: Elaboración propia



ANEXO 10. MUESTRA ÍNDICE DE CONDICIÓN EN PECES, SEGÚN TRATAMIENTOS EVALUADOS

Fuente: Elaboración propia

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE METABOLITOS NUTRICIONALES
PRODUCTO DE LA FERMENTACIÓN DE *Saccharomyces cerevisiae*
SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA TILAPIA
(*Oreochromis niloticus*) EN FASE DE PRECRÍA EN UN SISTEMA DE
AGUA CORRIDA**

f. _____
BR. MARIO ENRIQUE CASTANEDA NERIO

f. _____
M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera
Asesor

f. _____
M.Sc. Fredy Rolando González
Guerrero
Asesor

f. _____
M.V. Alejandro José Hun Martínez
Evaluador

IMPRIMASE

f. _____
M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO