

**Desempeño productivo de la tilapia roja
(*Oreochromis* spp.) con la inclusión de dos fuentes
proteicas bioestimuladas**

**Nicolás Valentin Córdova Palacios
Jaime Enrique Millán Ollague**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Desempeño productivo de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con la inclusión de dos fuentes proteicas bioestimuladas

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieros Agrónomos en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Nicolás Valentin Córdova Palacios
Jaime Enrique Millán Ollague

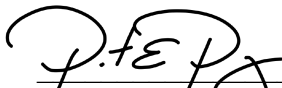
Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

Desempeño productivo de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) con la inclusión de dos fuentes proteicas bioestimuladas

Presentado por:

Nicolás Valentin Córdova Palacios
Jaime Enrique Millán Ollague

Aprobado:


Patricio E. Paz, Ph.D.
Asesor Principal



Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



Yordan Martinez, D.Sc.
Asesor



Luis Fernando Osorio (Nov 2, 2020 11:14 CST)
Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Desempeño productivo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con la inclusión de dos fuentes proteicas bioestimuladas

Nicolás Valentin Córdova Palacios
Jaime Enrique Millán Ollague

Resumen. Un alimento simbiótico comprende una mezcla entre prebióticos y probióticos que afectan positivamente al organismo. Este estudio evaluó la efectividad de reemplazar 30% del concentrado comercial por harinas bioestimuladas, mediante, un protocolo simbiótico en la dieta de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). El experimento se realizó en la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, de febrero y abril de 2020. Se utilizaron nueve unidades experimentales (tanques), que fueron divididas en tres tratamientos (control, harina de coquito y harina de soya), con tres repeticiones cada uno. En cada tanque se colocó 10 centímetros de suelo y se sembraron 200 alevines por tanque. El tratamiento de harina de soya tuvo diferencia significativa sobre el control en las variables de ganancia de peso e índice de conversión alimenticia, mientras que en sobrevivencia destacó el tratamiento con harina de coquito. En materia orgánica se encontró diferencia significativa en los tres tratamientos siendo el tratamiento con harina de soya el que mostró menor materia orgánica y en la variable de pH también existió diferencia significativa en los tres tratamientos evaluados y el grupo control fue el que obtuvo un menor pH en el suelo. Se recomienda repetir el experimento, pero en tanques sin suelos para poder analizar qué tanto influye la relación agua suelo en el crecimiento de los peces y realizar el experimento desde la fase de pre engorde hasta el engorde con el fin de determinar si en el ciclo completo los factores productivos mantienen la misma tendencia.

Palabras clave: Harina de coquito, prebióticos, preengorde, probióticos, simbiótica, soya.

Abstract. A symbiotic food comprises a mixture between prebiotics and probiotics that positively affect the receiving organism. This study was carried out to evaluate the effectiveness of replacing by 30% a commercial feed with biostimulated meals by means of a symbiotic protocol in the diet of juvenile tilapia (*Oreochromis spp.*). The experiment was carried out in the aquaculture unit of Zamorano University between February, and April 2020. Nine experimental units (tanks) were used. They were divided into three treatments (control, palm kernel meal and soybean meal), with three repetitions each. 10 centimeters of soil were placed in each tank and 200 fingerlings were stocked per tank. The treatment of soybean meal had a significant difference over the control in the variables of weight gain and feed conversion ratio, while in the survival variable the treatment with coquito meal stood out. In soil organic matter, a significant difference was found in the three treatments, being the soybean meal treatment the one with the least organic matter and regarding pH, the symbiotic treatments were more stable while the control group had the lowest soil pH. It is recommended to repeat the experiment in tanks without soil in order to analyze how the water-soil interaction influences fish growth and to carry out the experiment from the fingerling phase to growout in order to determine whether the same trends in the analyzed variables are maintained in the complete cycle.

Key words: Fingerlings, palm kernel meal, prebiotics, probiotics, soy, symbiotic.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y METODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	10
5. RECOMENDACIONES.....	11
6. LITERATURA CITADA	12

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Distribución de los tratamientos según la aplicación de tratamiento	3
2. Lista de los precios por kg de los ingredientes usados.....	5
3. Comparación de pesos promedio de alevines acorde a los tratamientos en tres muestreos	6
4. Comparación de los índices de conversión alimenticia acorde al tratamiento en tres muestreos.....	7
5. Comparación de los índices de sobrevivencia entre tratamientos.....	8
6. Comparación de los costos del alimento por kilogramo producido	8
7. Porcentajes de materia orgánica antes y después del ensayo acorde a cada tratamiento.....	9
8. Valores de pH antes y después del ensayo acorde a cada tratamiento	9

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción acuícola está en constante crecimiento a nivel mundial debido a la alta demanda de productos de origen acuícola por parte de los diferentes mercados. Entre 1961 y 2016, el aumento anual medio del consumo mundial de pescado comestible (3.2%) superó al crecimiento de la población (1.6%) y también al de la carne procedente de todos los animales terrestres juntos (2.8%). En términos per cápita, el consumo de pescado comestible aumentó de 9.0 kg en 1961 a 20.2 kg en 2015, a una tasa media de aproximadamente un 1.5% al año (FAO 2018). Se estima que este consumo seguirá aumentando a través de los años y pone a los acuicultores el desafío de suplir las demandas alimenticias de la población de una manera sostenible y haciendo un uso eficiente de los recursos.

El alto consumo de la tilapia se debe principalmente a su sabor neutro y su contenido de proteínas, en comparación a otras especies lo que aporta 20 gramos de proteína en 100 gramos de filete (SAG 2016). En el 2016 la tilapia ocupó el cuarto lugar en la lista de principales especies producidas en la acuicultura a nivel mundial y se estima que las tilapias representarán alrededor del 62% de la producción acuícola mundial total en 2030 (FAO 2018). En Honduras, la producción de tilapia es de suma importancia para la economía nacional, siendo los principales exportadores de tilapia al mercado estadounidense y se mantiene como líder en la exportación de tilapia fresca. Existen aproximadamente 1,589 productores que generan 19,000 empleos directos y 50,000 indirectos, con una producción anual de 10 mil toneladas en un área de 557 hectáreas (SAG 2016). Acorde a la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) de Honduras, la acuicultura industrial se concentra en los departamentos de Cortés, Olancho, Comayagua y Copán, mientras que la de pequeña escala está dispersa en todo el país.

Con el crecimiento en las producciones de igual manera crecen los desafíos y las limitaciones (costos, enfermedades, precio de venta, competencia) para los productores acuícolas, por ende, es indispensable buscar alternativas que permitan tener producciones más eficientes. Hoy en día existe cierta dependencia en el uso de antibióticos, pese a que estos tienen varias desventajas como lo son: residualidad y altos costos y un excesivo desbalance en la micro biota intestinal de los animales, por ende, el uso de prebióticos, probióticos y simbióticos está en auge como una alternativa exitosa en términos productivos y económicos ya que demuestran mayores ganancias de peso, menores índices de conversión alimenticia y animales más sanos.

Un estudio realizado en la Universidad del Cairo en el 2013, comprueba lo mencionado anteriormente donde se trabajó con tilapia infectada con varios patógenos y se midió el rendimiento de estas bajo el efecto de probióticos, prebióticos y simbióticos y una dieta control; el peso final de los peces aumentó y la tasa de crecimiento específico aumentaron significativamente en el grupo tratado con simbiótico, seguido de grupos prebióticos y probióticos versus el grupo control (Abu-Elala *et al.* 2013).

Según Tanbiyaskur y Lusiastuti (2015) en un estudio realizado en la Universidad Agrícola Bogor en Indonesia, el uso de simbióticos puede controlar enfermedades en la tilapia además de promover el crecimiento.

Los resultados mostraron que los peces que recibieron un tratamiento simbiótico tuvieron la mayor sobrevivencia (83.34%) y mejores respuestas inmunes, lo que se demostró con un aumento en eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, leucocitos totales y actividad fagocítica que el control positivo.

Los prebióticos son definidos como un compuesto no digerible que, a través de su metabolización por microorganismos en el intestino, pueden modular la composición y/o actividad de la microbiota intestinal, lo que confiere un efecto fisiológico beneficioso en el hospedero (Bindels *et al.* 2015). Los probióticos se definen como suplemento alimenticio microbiano vivo que afecta beneficiosamente al animal huésped, lo que mejora el equilibrio microbiano (Fuller 1989).

Una vez definidos ambos conceptos se debe definir lo que un simbiótico implica, siendo una mezcla de probióticos y prebióticos que afecta beneficiosamente al huésped mediante la mejora de la supervivencia y del crecimiento y/o la activación del metabolismo de una o un número limitado de bacterias promotoras de la salud, el bienestar y mejorar de este modo el huésped (Gibson y Roberfroid 1995). En la actualidad existen productos preparados de biotecnología que se usa con el fin de crear mezclas simbióticas e incluirlas de diferentes formas en la dieta de los peces. Se aspira que por medio de estas tecnologías se pueda cambiar positivamente la flora bacteriana benéfica intestinal (micro bioma) y a la vez obtener un robustecimiento de la infraestructura intestinal, lo que mejora notablemente la capacidad de absorción de los nutrientes (Moncayo 2019).

El objetivo de la presente investigación fue la evaluación del desempeño productivo de tilapia roja en la etapa de pre engorde por un lapso de 60 días, mediante el reemplazo de concentrado con 38% de proteína por un 30% de simbiótico bioestimulado; realizar análisis de suelo antes y después del proyecto para determinar si existieron cambios en ciertas características dependiendo del tratamiento, y ejecutar un análisis de costos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se llevó a cabo entre los meses de febrero y abril de 2020, en la estación de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 785 msnm, con una precipitación media de 1,100 mm y una temperatura promedio de 24 °C.

Unidades experimentales

Se usaron nueve tanques circulares de fibra de vidrio de 0.47 m de alto y 0.9 m de diámetro. Cada tanque contó con una capa de 10 cm de suelo extraído de un estanque experimental de la estación utilizado en el pre-engorde de tilapia. Se colocaron 200 alevines de tilapia roja de 0.24 gramos por tanque. Cada tanque contó con un sistema de difusión mediante el uso de un blower regenerativo de la marca Hurricane, con una potencia de tres caballos de fuerza y mangueras con piedras difusoras ubicadas en medio de los tanques. El agua de cada tanque se renovó dos veces por semana con el objetivo de disminuir la carga de amonio y acumulación de cualquier elemento que pudiera afectar el estudio.

Tratamientos

Se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones por tratamiento, siendo el primero un grupo control en el cual se proveyó la dieta balanceada comercial de pre-engorde. Los otros dos tratamientos incluyeron dos ingredientes que fueron fermentados: harina de soya y harina de coquito, siendo el protocolo de bioestimulación el mismo para ambos ingredientes.

Cuadro 1. Tratamientos usados en la prueba de simbiótica.

Tratamiento	Descripción
Control	Dieta comercial (100%)
Coquito	Dieta comercial (70%) + Harina de Coquito bioestimulada (30%)
Soya	Dieta comercial (70%) + Harina de Soya bioestimulada (30%)

Alimentación

La cantidad de alimento suministrado se planteó con base en el porcentaje de peso vivo, se comenzó con 15% del peso vivo y se redujo hasta el 8% del peso vivo, estos porcentajes son recomendables en esa etapa del animal (Meyer 2004). Se alimentó dos veces por día. Para el concentrado se usó la marca Alcon Cargill de 38% de proteína el cual se molió para obtener una partícula adecuada acorde al tamaño de la boca de los alevines en esa etapa.

Bioestimulación líquida/agua madre

En un litro de agua se agregó tres gramos de probiótico comercial (Lactosacc[®]), 1.5 gramos de enzimas digestivas (Allzyme[®]), cinco gramos de prebiótico comercial (Actigen[®]) y 50 mililitros de melaza. Se mezcló de manera homogénea y se cubrió por 24 horas en un ambiente cálido,

estimulando un ambiente anaeróbico con el fin de que las bacterias realizaran su fase de crecimiento.

El producto Actigen® funciona como implantación de los suplementos dietéticos microbianos vivos en el tracto, a través de una estimulación selectiva de prebióticos a base de manano oligosacáridos, el producto LactoSacc® aporta bacterias ácido-lácticas de alto rendimiento, junto con enzimas digestivas aportadas por Allzyme® y en conjunto a una fuente de carbohidratos se puede conseguir una sinergia.

Bioestimulación sólida

Después de 24 horas el agua madre se mezcló homogéneamente con 1 kg de harina de soya o coquito dependiendo del tratamiento y se dejó reposar por 24 horas más en las mismas condiciones de la fase líquida.

Variables medidas

Índice de conversión alimenticia. El índice de conversión alimenticia permite ver la eficiencia de los animales en convertir alimento en biomasa, esto se logra dividiendo la cantidad de alimento que se proporcionó entre la cantidad de peso que se ganó por pez. Para esta variable se usó la ecuación 1:

$$\text{Consumo de alimento por pez} / \text{Peso promedio final} - \text{Peso promedio inicial} \quad [1]$$

Ganancia de peso (g/pez). La ganancia de peso por pez permite determinar cuántos gramos de peso ganó cada animal desde la siembra hasta la cosecha, restando el peso final menos el peso inicial. Para esta variable se usó la ecuación 2:

$$\text{Peso final promedio por pez} - \text{peso inicial promedio por pez} \quad [2]$$

Sobrevivencia (%). Esta variable indica que porcentaje de animales que se sembró sobrevivió a lo largo de todo el ensayo y se obtiene de la división de los peces cosechados entre los peces sembrados multiplicado por 100, para esta variable se usó la ecuación 3:

$$100 \times (\text{peces cosechados} / \text{peces sembrados}) \quad [3]$$

Costo del alimento (US\$/kg). Esta variable indica cuanto es el costo del alimento por kilogramo de biomasa producida, se obtiene mediante la división del costo del total del alimento que se proporcionó entre la biomasa producida, para esta variable se usó la ecuación 4:

$$\text{Costo del alimento consumido} / \text{Biomasa final} \quad [4]$$

Para determinar el costo del alimento consumido indicado en la ecuación 4, en cada tratamiento se estimó el costo por kilo del alimento y se transformó al costo de la cantidad usada para todo el

experimento, el cual fue 1.59 kg para cada uno. El 100% de estos 1.59 kg representan el concentrado para el tratamiento control, y en los dos tratamientos con simbiótico se usó 1.113 kg de balanceado y 0.477 kg de simbiótico lo que comprende el 70% y 30% respectivamente. En el Cuadro 2 se puede apreciar los precios de cada ingrediente.

Cuadro 2. Lista de los precios por kg de los ingredientes usados.

Ingrediente	Precio (US\$/kg)
Concentrado 38% proteína	0.83
Harina de coquito	0.16
Harina de soya	0.46
Melaza	0.12
LactoSacc [®]	23.47
Allzyme [®]	24.75
Actigen [®]	22.06

Se determinó entonces que el precio por kilo de control fue de US\$ 0.83 por los 1.59 kg usados para un costo final de US\$ 1.32. Para coquito el precio por kilo fue de US\$ 0.7 por los 1.59 kg usados para un costo final de US\$ 1.11 y para soya el precio fue de US\$ 0.79 lo que dio un precio final de US\$ 1.25. Cada uno de estos valores se multiplicó por la biomasa final de cada tanque para determinar el costo por kilo producido.

Materia Orgánica (M.O.) y pH. El análisis de suelo se realizó antes y después del ensayo para determinar posibles cambios en las características fisicoquímicas de este acorde a cada tratamiento. Este análisis fue realizado en el laboratorio de análisis de suelo y agua de Zamorano.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, contando con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento con un total de nueve unidades experimentales. Las variables se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) ($P \leq 0.05$) mediante el programa Statistical Analysis System (SAS versión 9.4[®]).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso

La literatura en el tema afirma que el uso de probióticos en la dieta de tilapia puede incrementar la ganancia de peso por el balance que se genera en la micro biota intestinal. Guerra Bone (2015) estudió el uso de *Bacillus subtilis* como probiótico en el alimento de la tilapia donde se encontró una mejora significativa en ganancia de peso, mejorando la productividad y las tallas de los animales. Debido a los resultados obtenidos por experimentos previos en los que se observaron beneficios en el uso de diferentes especies del género *Bacillus*, se recomienda la adición de estos como probióticos en las diferentes fases de crecimiento (Azevedo *et al.* 2015; Ringø y Song 2016).

En el muestreo final del presente ensayo (Muestreo 3), los animales que recibieron el tratamiento de harina de soya fermentada presentaron mayor ganancia de peso ($P \leq 0.05$) con respecto al tratamiento control (Cuadro 3). Esta diferencia en la ganancia de peso final coincide con Jahari *et al.* (2018) quien también reportó mayor ganancia de pesos en tratamientos con simbióticos en comparación a los controles. En lo que respecta al tratamiento con harina de coquito bioestimulada versus el control no se encontró diferencia ($P > 0.05$). Entre los dos tratamientos simbióticos (soya y coquito) tampoco se encontró diferencia (Cuadro 3). La tendencia que se observa en la ganancia de peso en los tratamientos soya y coquito puede estar relacionada con varios factores. Uno de ellos es la adición de enzimas a través del producto simbiótico permitiendo una mayor absorción y aprovechamiento de nutrientes por parte de los peces, principalmente la enzima fitasa la cual ayuda a romper enlaces de ácido fítico y acabar con las propiedades antinutritivas que este contiene (Mukherjee *et al.* 2016).

Cuadro 3. Comparación de peso promedio de alevines acorde a los tratamientos en tres muestreos.

Tratamientos	Muestreo		
	1	2	3
Control	1.28 ± 0.04	1.43 ± 0.13	3.06 ± 0.10 ^b
Coquito	1.38 ± 0.05	1.32 ± 0.35	3.52 ± 0.33 ^{ab}
Soya	1.27 ± 0.09	1.29 ± 0.09	3.93 ± 0.67 ^a
Probabilidad	0.6	0.7	0.004
CV%	2.54	14.20	9.86

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$).

CV: Coeficiente de Variación.

Índice de conversión alimenticia

El índice de conversión alimenticia es un parámetro clave para evaluar la efectividad de un tratamiento relacionado con la dieta ya que ayuda a medir qué tan eficiente son los animales en convertir el alimento en biomasa (Fry *et al.* 2018). Esta eficiencia puede ir relacionada con la calidad del alimento o el desempeño del animal para asimilar el mismo y esto puede ser influenciado por varios factores que pueden ser de origen enzimáticos, microbiológicos y nutritivos y en este caso la inclusión de probióticos y prebióticos.

Un experimento realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego evaluó el comportamiento productivo de la tilapia en la fase juvenil proporcionando en cada tratamiento vitamina C y mananoligosacaridos (MOS), encontrando que su uso en la dieta de tilapia mejoró las variables de consumo de alimento, ganancia de peso e índice de conversión alimenticia en relación con los testigos (Aliaga Sanchez 2017).

Durante los dos primeros muestreos no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4). En el tercer muestreo (acumulado) se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) entre la harina de soya y el control. Este resultado coincide con Azevedo *et al.* (2015) quienes demostraron que los tratamientos con simbiótico tuvieron mejor desempeño incluido el ICA en comparación con los tratamientos de control. Entre coquito y control no se encontraron diferencias ($P > 0.05$). Esto está directamente relacionado con los pesos promedio donde soya superó a los otros tratamientos en peso y con la misma cantidad de alimento.

Cuadro 4. Comparación de los índices de conversión alimenticia acorde al tratamiento en tres muestreos.

Tratamientos	Muestreo		
	1	2	3
Control	0.59 ± 0.02	1.11 ± 0.06	1.89 ± 0.09 ^a
Coquito	0.55 ± 0.02	1.12 ± 0.11	1.66 ± 0.15 ^{ab}
Soya	0.59 ± 0.04	1.17 ± 0.14	1.50 ± 0.24 ^b
Probabilidad	0.9	0.8	0.03
CV%	4.90	9.35	9.88

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$).

CV: Coeficiente de Variación

Sobrevivencia

Este parámetro solo se pudo registrar al momento de la cosecha, ya que durante el experimento es muy difícil determinar la mortalidad debido a que los alevines al morir pueden flotar y ser devorados por aves o pueden sedimentarse y descomponerse e inclusive puede existir canibalismo. La sobrevivencia está relacionada con diferentes factores como oxígeno disuelto, amonio, estrés entre otras (Ornelas-Luna *et al.* 2017).

El tratamiento con harina de coquito fermentada destacó por encima de los otros dos tratamientos, encontrándose una diferencia ($P \leq 0.05$) en comparación con el control (Cuadro 5), lo cual coincide con la información recopilada por Cerezuela *et al.* (2011) donde se determinó que en los ensayos donde se usó sinergia entre pro y prebióticos, las tasas de sobrevivencia fueron superiores en comparación de los controles y puede estar relacionado con la mejora de la salud intestinal. Entre otros tratamientos no existieron diferencias ($P > 0.05$). En este ensayo la sobrevivencia pudo ser fuertemente influenciada por el estrés, el cual puede ser ocasionado por varias razones, entre ellos temperatura, competencia por oxígeno disuelto y excesos de materia orgánica en los fondos.

Cuadro 5. Comparación de los índices de sobrevivencia entre tratamientos.

Tratamientos	Peces sembrados	Peces cosechados	Sobrevivencia (%)
Control	200	145	72.33 ± 20.12 ^b
Coquito	200	183	91.67 ± 05.62 ^a
Soya	200	153	76.50 ± 16.46 ^{ab}
Probabilidad			0.04
CV%			22.47

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$).

CV: Coeficiente de Variación.

Costo del alimento

Indiferentemente de los resultados en producción, si un método de alimentación no es económicamente viable nunca será factible incorporarlo en un sistema de producción ya establecido, por ende, un análisis de comparación de los costos de alimentación entre tratamientos es ideal para determinar la rentabilidad de cada tratamiento y será el factor clave para una toma de decisión. En el Cuadro 6 se observa el costo total de alimento que se usó por tratamiento, influenciado por la biomasa por tratamiento para proceder a obtener el valor de costo por un kilo producido. Estos precios se obtuvieron con base en la información otorgada por los diferentes proveedores de alimento e insumos utilizados para este estudio.

El costo del alimento es la división del costo del alimento consumido entre la biomasa cosechada. En el Cuadro 6 se puede observar que no se encontró diferencias ($P > 0.05$) con respecto al control y coquito, aunque este último fue inferior por US\$ 1.57 lo cual a una mayor escala puede llegar a ser un ahorro bastante importante para el productor. De igual manera el tratamiento de soya fue más económico que el control, pero estadísticamente no hubo diferencias ($P > 0.05$). Entre el coquito y soya no hubo diferencias ($P > 0.05$) pero el coquito tuvo un menor costo. Todos estos resultados coinciden con Azevedo *et al.* (2015) quienes demostraron que los tratamientos con mánanos oligosacáridos y *Bacillus subtilis* no afectaron el costo total del alimento, pero si influenciaron fuertemente otros parámetros al igual que en este ensayo.

Cuadro 6. Comparación de los costos del alimento por kilogramo producido.

Tratamientos	Costo del alimento por kilogramo producido (US\$/kg)
Control	3.20 ± 1.62
Coquito	1.63 ± 0.24
Soya	2.09 ± 0.76
Probabilidad	0.32
CV%	33.90

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$)

CV: Coeficiente de Variación

Análisis de suelo

Materia orgánica. El Cuadro 7 muestra una disminución de los porcentajes de materia orgánica en el suelo utilizado en los tanques en todos los tratamientos después del ensayo, siendo el tratamiento con soya el que presentó el menor porcentaje de materia orgánica de los tres. Se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) entre todos los tratamientos. Una de las principales preocupaciones del acuicultor es la acumulación de materia orgánica en el fondo, la misma que genera una demanda de oxígeno por la respiración aeróbica de bacterias y otros microorganismos (Boyd 2017). Al tener la soya el menor contenido de materia orgánica, la demanda de oxígeno por bacterias descomponedores de este tratamiento es menor y hay una relación con la ganancia de peso donde la soya presentó mejores resultados, sin embargo, en la sobrevivencia no hubo diferencia con respecto al control. La descomposición de la materia orgánica causa la mayoría de los problemas de calidad del agua en los estanques acuícolas al crear una demanda de oxígeno y al liberar el amoníaco, un metabolito potencialmente tóxico en el agua (Boyd 2017). Esta disminución está estrechamente relacionada con la adición de alimentos altos en relación carbono: nitrógeno, donde se activan bacterias heterotróficas encargadas de convertir y reusar los desechos nitrificados como alimento y heces en una especie de simbiosis.

Cuadro 7. Porcentajes de materia orgánica antes y después del ensayo acorde a cada tratamiento

Tratamiento	Materia Orgánica	Materia Orgánica
	antes	después
Control	4.46	3.86 ^b
Coquito	4.46	4.17 ^a
Soya	4.46	3.58 ^c
Probabilidad		0.01

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$)

pH. El pH de los suelos acuícolas puede estar fuertemente relacionado con la calidad del agua y el desempeño de los animales en cultivo (Boyd 2017). En el Cuadro 8 se puede observar que existió una disminución del pH en todos los tratamientos. Se encontró diferencias entre todos los tratamientos ($P \leq 0.05$) siendo control el suelo con menor pH. Esta disminución está probablemente relacionado con la materia orgánica ya que esta al descomponerse produce materiales acidificantes. A menor pH más incidencia de bacterias que producen ácido sulfhídrico el cual es extremadamente tóxico (Riviera 2020). Lo antes mencionado probablemente esté relacionado con la alta mortalidad del tratamiento control el cual presentó menor sobrevivencia y un menor pH.

Cuadro 8. Valores de pH del suelo antes y después del ensayo acorde a cada tratamiento.

Tratamiento	pH antes	pH después
Control	5.81	4.83 ^c
Coquito	5.81	5.29 ^b
Soya	5.81	5.46 ^a
Probabilidad		0.01

*Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias ($P \leq 0.05$)

4. CONCLUSIONES

- Se comprueba la aplicabilidad de tratamientos simbióticos por su potencial para mejorar la ganancia de peso, sobrevivencia e índice de conversión alimenticia en pre engorde.
- Producir un kilogramo de biomasa es más económico con tratamientos de coquito y soya bioestimulados en comparación con control.
- El tratamiento de soya bioestimulada tuvo la mayor disminución en materia orgánica del suelo y control tuvo la mayor disminución en el pH del suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el experimento desde la fase de pre engorde hasta el engorde con el fin de determinar si en el ciclo completo los factores productivos mantienen la misma tendencia.
- Probar con mayor porcentaje de reemplazo para determinar hasta qué punto se puede reemplazar y seguir obteniendo resultados óptimos y a un menor costo en alimento.
- Repetir el experimento, pero en tanque sin suelos para poder analizar qué tanto influye la relación agua suelo en el crecimiento de los peces.
- Evaluar a la tilapia gris al mismo ensayo para determinar si la variedad puede influir en los resultados.

6. LITERATURA CITADA

- Abu-Elala N, Marzouk M, Moustafa M. 2013. Use of different *Saccharomyces cerevisiae* biotic forms as immune-modulator and growth promoter for *Oreochromis niloticus* challenged with some fish pathogens. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*. 1(1): 21-29.
- Aliaga Sanchez DB. 2016. Adición de vitamina C y mananoligosacaridos (mos) en dietas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la fase de crecimiento, criadas en verano en la costa de la región la libertad. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias: Escuela Profesional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2928>.
- Azevedo RVd, Fosse Filho JC, Cardoso LD, Mattos DdC, Vidal Júnior MV, Andrade DRd. 2015. Economic evaluation of prebiotics, probiotics and synbiotics in juvenile Nile tilapia. *Rev. Ciênc. Agron*. 46(1):72–79.
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD, Walter J. 2015. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature Reviews: Gastroenterology & Hepatology*. 12(5): 303-310.
- Boyd CE. 2017. Cómo la descomposición de la materia orgánica impacta los estanques acuícolas EEUU: Global Aquaculture Advocate- Global Aquaculture Alliance. [actualizado el 26 de may. de 2017; consultado el 16 de jul. De 2020]. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/como-la-descomposicion-de-la-materia-organica-impacta-los-estanques-acuicolas/>.
- Cerezuela R, Meseguer J, Esteban MA. 2011. Current knowledge in synbiotic use for fish aquaculture: A review. *J Aquac Res Development*. s1. doi:10.4172/2155-9546.S1-008.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma: FAO. ISBN: 978-92-5-130688-8.
- Fry J, Mailloux N, Love D, Milli M, Cao L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: Do we measure it correctly? *Environmental Research Letters*. 13(2): 024017.
- Fuller R. 1989. Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*. 66(5): 365-378.
- Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*. 125(6): 1401-1412.

- Guerra Bone LG. 2015. Efecto de la adición de un probiótico (*Bacillus subtilis*) en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), durante la fase juvenil, en la aldea madre vieja, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: Escuela de Zootecnia. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2884/>.
- Jahari MA, Mustafa S, Akhmal M, Roslan M.A.H., Manap YA, Lamasudin DU, Jamaludin FI. 2018. The effects of synbiotics and probiotics supplementation on growth performance of red hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. Journal of biochemistry, microbiology and biotechnology. 6(1):5–9.
- Meyer DE. 2004. Introducción a la Acuicultura. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986_0363%20-%20Copy.pdf.
- Moncayo W. 2019. Desafíos Acuícolas: ¿Qué tecnologías podrían marcar la diferencia? San José, Costa Rica: Productor Agropecuario; [actualizado el 17 de abr. de 2019; consultado el 9 de nov. de 2019]. <https://revistaproagro.com/desafios-acuicolas-que-tecnologias-podrian-marcar-la-diferencia/>.
- Mukherjee R, Chakraborty R, Dutta A. 2016. Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal - A Review. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 29(11): 1523-1529.
- Ringø E, Song SK. 2016. Application of dietary supplements (synbiotics and probiotics in combination with plant products and β -glucans) in aquaculture. Aquaculture Nutrition. 22(1): 4-24.
- Riviera R. 2020. Importancia de la calidad de suelos y agua en la producción acuícola. Ecuador: Ecuauímica; [actualizado el 19 de oct de 2020; consultado el 16 de jul de 2020]. <http://ecuanoticias.com.ec/acuicultura.html>.
- SAG, Secretaría de Agricultura y Ganadería. 2016. Honduras mantiene liderazgo en exportación de tilapia fresca. Honduras: SAG. [consultado el 10 de nov. de 2019]. [https://sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2016/abril-2016/honduras-mantiene-liderazgo-en-exportacion-de-tilapia-fresca/#:~:text=Honduras%20mantiene%20su%20liderazgo%20a,de%20Desarrollo%20Agroalimentario%20\(Pronagro\)](https://sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2016/abril-2016/honduras-mantiene-liderazgo-en-exportacion-de-tilapia-fresca/#:~:text=Honduras%20mantiene%20su%20liderazgo%20a,de%20Desarrollo%20Agroalimentario%20(Pronagro)).
- Tanbiyaskur W, Lusiastuti AM. 2015. Administration of *Bacillus* NP 5 and oligosaccharide to enhance the immune response in tilapia *Oreochromis niloticus* towards streptococcosis. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, 20(2): 304-315.
- Ornelas-Luna R, Aguilar-Palomino B, Hernández-Díaz A, Hinojosa-Larios JÁ, Godínez-Siordia DE. 2017. Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. Acta Universitaria. 27(5):19–25. doi:10.15174/au.2017.1231.