

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria**  
**Ingeniería Agronómica**



Proyecto Especial de Graduación  
**Evaluación de la inclusión de MrFeed® Pro-50 Ta en dietas para alevines de  
tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)**

Estudiantes

Luis Diego Gomez Zeledón  
Cristhian David Rodríguez Guerrero

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.  
Yordan Martinez Aguilar, D.Sc.

Honduras, junio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA MARGARITA MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ROGEL CASTILLO**

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen .....	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y métodos/ Metodología .....	11
Equipo .....	11
Diseño experimental y análisis estadístico .....	13
Resultados y Discusión.....	14
Conclusión.....	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Anexos.....	27

## Índice de Cuadros

Cuadro 1 Dietas experimentales utilizadas durante el pre-engorde de alevines de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 Ta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 2 Comparación de ganancia de peso de alevines de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 Ta	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Cuadro 3 Comparación de los índices de conversión alimenticia de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 TA	16
Cuadro 4 Comparación de los índices de sobrevivencia de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 TA	18

## Índice de Anexos

Anexo A Temperaturas matutinas registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre- engorde de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). .....	27
Anexo B Temperaturas vespertinas registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre- engorde de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). .....	27
Anexo C Concentraciones promedio de amonio registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre-engorde de tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ). .....	28

## Resumen

La producción acuícola ha incrementado considerablemente, y a su vez la demanda de materias primas para la elaboración de piensos también ha aumentado. MrFeed® Pro-50 Ta es un suplemento alimenticio que posee un perfil de aminoácidos similar al de la harina de pescado y cuenta con la capacidad de reducir la presión sobre las poblaciones de peces silvestres que se agotan como producto de la demanda mundial de alimentos a base de harina de pescado. El objetivo de este estudio fue comparar diferentes niveles de inclusión de MrFeed® Pro-50 Ta en dietas de pre-engorde de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). Un total de 540 alevines, se distribuyeron según un diseño completamente al azar durante 28 días, con tres tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y 60 alevines por repetición. Se usó una dieta control comercial, y dos dietas a base del control comercial con inclusiones de MrFeed® Pro-50 Ta del 2.5 y 4.5%, respectivamente. El experimento tuvo una duración de 28 días y cada siete días se muestreó el 100% de los peces por tanque. Para las variables ganancia de peso e índice de conversión alimenticia se emplearon medidas repetidas en el tiempo, un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de medias (LSMeans) con un valor de significancia de  $P \leq 0.05$ . La variable sobrevivencia se calculó al final del experimento y se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba de medias (LSMeans) con un valor de significancia de  $P \leq 0.05$ . La inclusión de MrFeed® Pro-50 Ta en las dietas para tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) no afectó ( $P > 0.05$ ) negativamente los rendimientos para ganancia diaria de peso e índice de conversión alimenticia. Este ingrediente tampoco afectó negativamente los valores previstos para la variable de sobrevivencia, en comparación con los obtenidos el tratamiento control.

*Palabras clave:* Aminoácidos, conversión alimenticia, ganancia de peso, proteína, aditivo.

## Abstract

Aquaculture production has increased considerably, and in turn the demand for feed materials has also increased. MrFeed® Pro-50 Ta is a food supplement that has an amino acid profile like that of fishmeal and can reduce pressure on wild fish populations that are depleted because of global demand for fishmeal-based foods. The aim of this study was to compare different levels of inclusion of MrFeed® Pro-50 Ta in grey tilapia (*Oreochromis niloticus*) pre-fattening diets. A total of 540 fry were distributed according to a completely random design for 28 days, with three treatments, three repetitions per treatment and 60 fry per repetition. A commercial control diet was used, and two diets based on commercial control with inclusions of MrFeed® Pro-50 Ta of 2.5 and 4.5%, respectively. The experiment lasted 28 days and every seven days 100% of the fish were sampled per tank. For the variables weight gain and feed conversion index, repeated measures over time, an analysis of variance (ANDEVA) and the mean test (LSMeans) with a significance value of  $P \leq 0.05$  were used. The survival variable was calculated at the end of the experiment and an analysis of variance (ANDEVA) and the mean test (LSMeans) with a significance value of  $P \leq 0.05$  were used. The inclusion of MrFeed® Pro-50 Ta in diets for gray tilapia (*Oreochromis niloticus*) did not negatively affect ( $P > 0.05$ ) yields for daily weight gain and dietary conversion index. This ingredient also did not negatively affect the predicted values for the survival variable, compared to those obtained by the control treatment.

*Keywords:* Amino acids, feed conversion, protein, weight gain, additive.

## Introducción

La acuicultura se considera una de las industrias de producción de alimentos de más rápido crecimiento, que suministra más del 50% de la producción pesquera mundial (Bae et al. 2021), y que ha experimentado un aumento bastante acentuado, siendo este de 7.5% en la producción total cada año desde 1970 (FAO 2020). Este aumento va de la mano con otros fenómenos como la sobrepoblación y el aumento del poder adquisitivo de las clases sociales. De todas las especies cultivadas en esta actividad, destaca la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) como una de las favoritas en los sistemas latinoamericanos.

La utilización de este organismo acuático se debe en gran parte a un conjunto de atributos, entre los cuales se pueden mencionar su resistencia ante situaciones ambientales adversas, la facilidad que tiene para asimilar dietas artificiales, y su resistencia a enfermedades, características que le valieron el apodo de “las gallinas acuáticas”, y que la convierten en una opción muy atractiva para los productores (El-Sayed 2006).

Si bien esto es algo evidentemente positivo para aquellos que se dedican a la producción de tilapia, existen factores que dificultan esta actividad, entre los cuales se podría destacar el efecto del cambio climático, fenómeno que altera los niveles de producción mediante la modificación aleatoria de parámetros ambientales, y la diseminación de enfermedades. Se podría destacar también la influencia que ha tenido la actual pandemia, pues el coronavirus (COVID-19) ha obligado al sector a desarrollar nuevas formas de adaptarse a esta nueva realidad.

Uno de los factores que deben mejorarse es la formulación de las dietas debido a los altos costos en concepto de alimentación, los cuales pueden representar entre el 50-60% de los costos totales (Muranova et al. 2019). La alimentación es vital para la obtención de las metas propuestas, puesto que, de este parámetro depende el éxito o fracaso de la producción.

La mayor parte del costo viene de la inclusión de ingredientes proteicos, los cuales ayudan en alcanzar el máximo rendimiento posible, siendo el ingrediente más utilizado, la denominada harina de

pescado. Sin embargo, la producción de dietas a base de harina de pescado se ve actualmente limitada, producto de la escasez de esta, debido al agotamiento de los recursos pesqueros y al aumento del valor de los mismos (Muranova et al. 2017).

Por ende, es crucial buscar alternativas proteicas económicamente más atractivas, y ambientalmente sostenibles, sin descuidar la parte nutricional del ingrediente. Se ha informado que varias proteínas vegetales poseen el potencial para reemplazar la harina de pescado en los alimentos acuícolas, siendo la harina de soya la ideal debido a su relativamente alto contenido de proteína, bajo contenido de carbohidratos y fibra, y su perfil de aminoácidos (Song Z et al. 2014). Sin embargo se ha encontrado que estas poseen ciertas características indeseables, como la presencia de factores anti nutricionales (Li et al. 2021). Un ejemplo de esto es la harina de soya, la cual tiene un uso limitado, debido a la presencia de taninos, saponinas, inhibidores de tripsina entre otros, lo que podría causar problemas como inflamación intestinal (Robaina et al. 1995; Urán et al. 2008; Ray et al. 2020).

Afortunadamente, existen procesos que ayudan a reducir el impacto de estos componentes anti nutricionales, siendo uno de los más populares la hidrólisis proteica, la cual potencia características como digestibilidad y palatabilidad, a través de la proteólisis enzimática de forma controlada mediante el uso de enzimas añadidas, acompañado de un tratamiento térmico (Swanepoel y Goosen 2018).

Claramente, estos productos se caracterizan por ser ambientalmente sostenibles y nutricionalmente más completos que los ingredientes proteicos convencionales, y justamente estos productos son los que identifican a Menon Renewables Products, Inc. Esta industria se encarga de fabricar alimentos ambientalmente sostenibles y nutricionalmente completos. Su propuesta se basa en el aprovechamiento de los azúcares a base de hidrocarburos de materias primas agrícolas, los cuales dan origen a un ingrediente funcional de alimentos para animales bajo la marca MrFeed®. Este ingrediente se presenta como una alternativa a la harina de pescado, reduciendo así los costos y el

impacto ambiental de la fabricación de esta última. Además, mejora la digestibilidad y ayuda a reducir la utilización de antibióticos u otros tratamientos relacionados a la remediación de enfermedades, esto a través de la utilización de un espectro de prebióticos, nucleótidos y péptidos únicos (Menon Renewable Products 2019)

Este ingrediente ya fue utilizado en un experimento previamente, con buenos resultados preliminares, pero en condiciones ambientales no tan favorables. Con base en este ensayo anterior y siguiendo las recomendaciones planteadas en su momento, los objetivos de este estudio fueron: Evaluar los efectos de MrFeed® Pro-50 Ta aplicado a la dieta de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) bajo condiciones de temperatura más favorables y continuar con la evaluación de los parámetros de producción (ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia) en alevines alimentados con tres tratamientos: dieta control comercial Alcón 38% PC, dieta comercial + 2.5% Pro-50 Ta, dieta comercial + 4.5% Pro-50 Ta.

## **Materiales y métodos/ Metodología**

El presente proyecto se realizó en el invernadero de la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 32 km al sureste de Tegucigalpa, vía a Danlí, Honduras, a una altitud aproximada de 700 msnm con temperatura promedio anual de 25 °C. La investigación tuvo una duración de 28 días comenzando el 17 de mayo de 2021 y finalizando el 14 de junio de 2021.

### **Equipo**

Se usaron nueve tanques de fibra de vidrio con una capacidad de 0.3 m<sup>3</sup> cada uno. Estos fueron llenados con agua proveniente del reservorio de la unidad. Cada tanque contó con aireación mecánica por difusión. Se utilizaron un total de 540 alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) provenientes de la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”. Se manejó una distribución de 60 alevines de 2.3 ± 0.3 gramos por tanque. Previo a la siembra, los alevines fueron pesados y sometidos a un baño de sal (60 ppt) por 30 segundos como tratamiento preventivo de enfermedades causadas por el daño físico durante la manipulación en la siembra.

El alimento comercial utilizado como control en esta investigación fue ALCON® de 38% de proteína cruda (PC) utilizado normalmente en el pre-engorde de tilapia luego de la reversión sexual. Las dietas experimentales usaron diferentes niveles de inclusión de MrFeed® Pro-50 TA (Cuadro 1). La ración diaria inicial se calculó en base a siete días tomando en consideración el peso promedio y número de alevines sembrados por tanque. Las raciones se dividieron en dos, una matutina y otra vespertina, y para su preparación se pesaba manualmente el alimento teniendo en consideración el tratamiento y el tanque para el que se preparaba la ración. Para la dieta control se entregó el 100% de ALCON® de 38% PC, el tratamiento 1 contó con 97.5% ALCON® de 38% PC más una inclusión por sustitución de 2.5% de MrFeed® Pro-50 Ta, al tratamiento 2 se le agregó el 95.5% de ALCON® de 38% PC, más una inclusión por sustitución de 4.5% de MrFeed® Pro-50 Ta.

La cantidad de alimento proporcionado se basó en un porcentaje de la biomasa de cada tanque, iniciando con el 13% de la biomasa (18.1 g) para todos los tanques en la primera etapa y fue ajustándose conforme a la biomasa registrada en cada muestreo. Se muestreó el 100% de la población total de cada tanque para la obtención de datos más realistas.

### Cuadro 1

*Dietas experimentales utilizadas durante el pre-engorde de alevines de tilapia gris (Oreochromis niloticus) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 Ta.*

Tratamiento	MrFeed® Pro50 Ta (%)
Control Comercial 38% PC	0.00
Control Comercial + 2.5% MrFeed®	2.50
Control Comercial + 4.5% MrFeed®	4.50

*Nota:* PC: Proteína cruda

### Calidad de agua

Se monitoreó la temperatura diariamente con un termómetro digital “Zacro”. Igualmente, se monitoreó cada dos días el nivel del amonio mediante el API® Ammonia Kit. Adicionalmente, se realizaron recambios de agua tres veces a la semana por medio del uso de sifones. El porcentaje de recambio fue del 80% del agua total en los primeros dos, y 50% en el tercer recambio.

### Variables medidas

**Ganancia de peso (GP).** Se midió el aumento de peso de los alevines a lo largo de todo el experimento por cada uno de los tratamientos, calculado mediante la ecuación 1:

$$\text{Ganancia de Peso} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial} \quad (1)$$

**Índice de conversión alimenticia (ICA).** Calculado para analizar el uso del alimento por los peces y calculado entre cada muestreo, calculado mediante la ecuación 2:

$$\text{ICA} = \text{Alimento suministrado} / (\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}) \quad (2)$$

**Sobrevivencia.** Se determinó el índice de sobrevivencia para cada unidad experimental para determinar la influencia de cada tratamiento durante cada uno de los cuatro muestreos, calculada con la ecuación 3.

$$\text{Sobrevivencia} = \left( \frac{\text{Peces muestreados}}{\text{Peces sembrados}} \right) * 100\% \quad (3)$$

### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo, un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias con el método LSM para las variables a medir con un nivel de significancia  $P \leq 0.05$  utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4).

## Resultados y Discusión

### Ganancia de peso

Los alevines comenzaron este experimento con un peso promedio de 2.3 g. El Cuadro 2 muestra la ganancia de peso en el transcurso del experimento, siendo notables las ganancias promedio obtenidas entre el día 14 y 21 para los tratamientos con MrFeed® Pro50 Ta; aunque no se encontró diferencias entre los tratamientos durante los cuatro muestreos realizados ( $P > 0.05$ ).

### Cuadro 2

*Comparación de ganancia de peso de alevines de tilapia gris (Oreochromis niloticus) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 TA.*

Tratamientos	Días de cultivo (muestreo)			
	7	14	21	28
Control	1.23 ± 0.18	1.15 ± 0.14	1.13 ± 0.35	0.91 ± 0.61
T1: 2.5% MrFeed®	1.22 ± 0.27	1.36 ± 0.15	1.71 ± 0.38	1.51 ± 0.25
T2: 4.5% MrFeed®	1.32 ± 0.36	1.13 ± 0.45	1.77 ± 0.11	1.57 ± 0.68

*Nota.* Probabilidad= 0.1761.

CV= 36.80023.

Estos resultados son bastante similares a los obtenidos por Ordoñez (2020), quien tampoco encontró diferencias significativas entre los tratamientos utilizados en este experimento, en los primeros 30 días con respecto a ganancia de peso. Esto concuerda con la teoría de Shao et al. (2018), quienes plantean que el efecto de los hidrolizados de proteínas como sustituto de la harina de pescado sobre el rendimiento del crecimiento de los animales acuáticos puede estar relacionada con la fuente, la tecnología de procesamiento de los hidrolizados de proteínas y las condiciones experimentales (especie y período experimental). No obstante, esta similitud estadística presente entre los tratamientos podría significar que la inclusión MrFeed® Pro-50 Ta no afectó el rendimiento del cultivo, pues sus resultados fueron tan buenos como los obtenidos por el control.

El razonamiento detrás de esta hipótesis sobre la posible inclusión exitosa del ingrediente sobre esta variable puede encontrarse en el alto contenido de dipéptidos y tripéptidos libres presentes en este producto, los cuales se han observado en la composición de otros hidrolizados proteicos de origen animal, tal como lo mostraron Leduc. A et al. (2018), quienes registraron que no había diferencias significativas para el parámetro de ganancia de peso entre la dieta control, la cual contenía 20% de harina de pescado con respecto a la materia seca, y las tres dietas con inclusión de hidrolizados proteicos (tilapia, camarón, combinación de ambos), las cuales consistieron en 5% de harina de pescado con respecto a la materia seca + 5% de inclusión de uno de estos tres hidrolizados. Por otro lado, autores como Liang et al. (2020) informaron que el suplemento dietético de dipéptidos podría mejorar significativamente el crecimiento a través del aumento de PepT1 en el intestino de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). PepT1 es un transportador de péptidos acoplado a H<sup>+</sup>, se encuentra en la membrana del borde en cepillo del epitelio intestinal y es un mediador de la absorción de péptidos en la dieta, especialmente dipéptidos y tripéptidos (Mamauag et al. 2011; Yongqing Hou et al. 2017; Zhang C et al. 2018).

Sin embargo, altos niveles de hidrolizados de soya pueden provocar bajas tasas de ganancia de peso, ya que los aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos presentes en estos ingredientes son absorbidos a una velocidad más alta por los enterocitos (células absorbentes intestinales), lo que puede conducir a la saturación de los mecanismos transportadores intestinales debido al aumento de flujo de péptido luminal y concentración de aminoácidos libres. La maduración del mecanismo transportador puede resultar en antagonismo, que conduce a una reacción en cadena de absorción desequilibrada de aminoácidos, aumento de la oxidación de aminoácidos y, finalmente, reducción de la retención dietética (Zambonino Infante et al. 1997; Mamauag et al. 2011; Arriaga-Hernández et al. 2021).

### Índice de conversión alimenticia

En cuanto a la variable del índice de conversión alimenticia (ICA), tampoco se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en ninguno de los cuatro muestreos realizados a lo largo del experimento.

### Cuadro 3

*Comparación de los índices de conversión alimenticia de tilapia gris (Oreochromis niloticus) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 TA.*

Tratamientos	Días de cultivo (muestreo)			
	7	14	21	28
Control	1.14 ± 0.20	1.46 ± 0.36	1.45 ± 0.40	1.72 ± 0.10
T1: 2.5% MrFeed®	1.16 ± 0.21	1.35 ± 0.04	1.50 ± 0.05	1.66 ± 0.04
T2: 4.5% MrFeed®	1.11 ± 0.35	1.50 ± 0.94	1.55 ± 0.01	1.71 ± 0.11

Probabilidad= 0.8690

CV: 16.03803

Estos resultados concuerdan con los planteados por los estudios de Ordoñez (2020), Khosravi S et al. (2015) y Ospina-Salazar et al. (2016), los cuales no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de índice de conversión alimenticia (ICA) para los cultivos de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), pargo japonés (*Pagrus major*), pez blanco del lago Patzcuaro (*Chirostoma estor*) y carpa común (*Cyprinus carpio* L.), respectivamente. Esto señala que los tratamientos con inclusión de MrFeed® Pro-50 TA presentaron un desempeño similar al registrado por el control, lo que posiblemente indicaría que el ingrediente tiene la capacidad de sustituir parcialmente otras fuentes proteicas, como la harina de pescado, sin afectar este parámetro productivo. El trasfondo que sustenta esta observación puede deberse al alto contenido de péptidos y aminoácidos libres de bajo peso molecular, altamente apetitosos y digeribles, presentes en el ingrediente MrFeed® Pro-50 TA. Estos componentes benéficos se han observado en la composición de hidrolizados proteicos de origen animal, tal como lo mostró Leduc. A et al. (2018), quien indicó la presencia de estos componentes en los hidrolizados de proteína de camarón y tilapia. De hecho, Li RiMei et al. (2018) mostraron que los péptidos de cadena corta podían beneficiar en el índice de conversión alimenticia hasta cierto punto

en camarones del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), no obstante, estos podrían ser perjudiciales en niveles de inclusión más elevados, ya que saturan los transportadores de aminoácidos del intestino, algo que también concuerda con los estudios realizados por Arriaga-Hernández et al. (2021) y Mamauag et al. (2011).

Otra posible razón detrás de esta hipótesis puede encontrarse al aumento en la altura de las vellosidades intestinales (Vh), la altura de los enterocitos (Eh) y el del intestino, tal como lo mostró Khosravi S et al. (2018), quienes demostraron que las dietas con niveles moderados de inclusión de hidrolizados proteicos presentaron un efecto bastante similar en el Vh y Eh del intestino anterior de la platija de aceituna (*Paralichthys olivaceus*) con respecto a la dieta control rica en harina de pescado, donde la variable de índice de conversión alimenticia, no mostró diferencias significativas entre la dieta control y las dietas con inclusión de estos hidrolizados. Se ha sugerido que esta extensión longitudinal de las vellosidades implica un aumento de la superficie para la mayor absorción de los nutrientes disponibles, siendo esto un factor clave para variables como ganancia de peso e índice de conversión alimenticia (FitzGerald y O'Cuinn 2006).

### **Sobrevivencia**

El índice de sobrevivencia se obtuvo realizando un conteo de todos los peces por tanque al momento de la cosecha, y se comparó con la cantidad de peces sembrados. Al momento de finalizado el experimento, no se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos con inclusión del ingrediente MrFeed® Pro50 Ta y el tratamiento control.

**Cuadro 4**

*Comparación de los índices de sobrevivencia de tilapia gris (Oreochromis niloticus) con la inclusión de dos niveles de MrFeed® Pro-50 Ta.*

Tratamientos	Peces sembrados	Peses cosechados	% Sobrevivencia
Control	180	168	93.50 ± 0.05
T1: 2.5% MrFeed®	180	172	95.79 ± 0.08
T2: 4.5% MrFeed®	180	164	91.14 ± 0.02

Probabilidad= 0.448

CV: 6.489244

Estos resultados difieren a los obtenidos por Ordoñez (2020), quien mostró índices de sobrevivencia menores, en donde el tratamiento control presentaba los valores más altos, difiriendo significativamente con los registrados por los tratamientos con inclusión del ingrediente. No obstante, esos resultados pudieron verse afectados por la baja temperatura promedio de los meses en el cual fue realizado dicho experimento, ya que puede ocasionar disminución en las tasas de crecimiento de los peces, afectando incluso la sobrevivencia de estos, tal como indicaron Martínez-Palacios et al. (2002), al mostrar el efecto de la temperatura en el desarrollo del pescado blanco del lago de Pátzcuaro (*Christoma estor*). Sin embargo, no es el caso de este trabajo, ya que las temperaturas registradas se mantuvieron dentro del rango permitido para el desarrollo óptimo de la tilapia, el cual oscila entre los 20 a 35 °C (El-Sayed 2006), esto se debe en gran parte a que el invernadero en donde fue realizado este experimento permitió mantener la temperatura en el rango antes mencionado (Anexos A y B). Otra razón que explicaría los índices de sobrevivencia sería la densidad de siembra utilizada y la relación de esta con la excreción de amonio, siendo este último una de las principales razones por la cual una mayor densidad de población repercute significativamente en la sobrevivencia de un cultivo acuícola, tal como lo plantearon Biswas et al. (2006), quienes demostraron que mayores densidades de siembra causaban mayores tasas de mortalidad producto de contaminación por altas concentraciones de amonio no ionizado, el cual provoca alteraciones en las funciones cardíacas, hiperplasia branquial, hemorragia y telangiectasia (Evans et al. 2006).

Por otro lado, la similitud entre los tratamientos indican que la inclusión del ingrediente evaluado, el cual se asemeja a un hidrolizado proteico de origen vegetal, no afecta la sobrevivencia del cultivo en niveles moderados de inclusión, lo cual coincide con los trabajos de Khosravi S et al. (2015), y Shao et al. (2018) , quienes demostraron una tendencia similar en el cultivo del besugo (*Pagellus bogaraveo*), y el camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*), respectivamente.

No obstante, el nivel de inclusión que puede tener un hidrolizado proteico sin que este afecte negativamente el rendimiento productivo y la sobrevivencia de un organismo acuático podría depender de la naturaleza del hidrolizado, pues estudios como el de Gui et al. (2010) indicaron que inclusiones por encima del 5% de hidrolizados proteicos obtenidos a partir de semillas de algodón pueden afectar negativamente la retención de nitrógeno en especies como el carpín (*Carassius auratus gibelio*), lo que repercute en el nivel de amonio excretado. No obstante, estudios como el de Refstie et al. (2000) indicaron que la capacidad de retención de nitrógeno también varía según la especie, pues sus resultados demostraron que habían diferencias significativas en la retención de nitrógeno entre la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y el salmón del Atlántico (*Salmo salar*) al ser sometido a dietas ricas en harinas de pescado y harina de soya . Por otra parte, especies como el rodaballo (*Scophthalmus maximus*) no muestran efectos negativos en la retención de nitrógeno causado por altos niveles de inclusión de hidrolizado de pescado, tal como lo demostraron Oliva-Teles et al. (1999). Sin embargo, se desconoce si este comportamiento entorno a la capacidad de retención de nitrógeno se podría apreciar en dietas con altos niveles del ingrediente en discusión, pues si bien los tanques sometidos al tratamiento con el mayor nivel de inclusión mostraron los niveles de concentración más altos de amonio durante casi todo el experimento, esto no repercutió en la sobrevivencia de los alevines (Anexo C).

## **Conclusión**

La inclusión de MrFeed® Pro-50 Ta no influyó en la ganancia de peso, el índice de conversión alimenticia y sobrevivencia de los alevines de tilapia en la etapa de pre-engorde.

## Recomendaciones

Repetir el experimento durante toda la etapa de pre-engorde utilizando alimento peletizado.

Realizar un análisis de factibilidad para valorar la inclusión de este ingrediente en las dietas utilizadas en la unidad de acuicultura.

Evaluar la influencia de MrFeed® Pro-50 TA en la retención de nitrógeno del cultivo de la tilapia gris.

## Referencias

- Arriaga-Hernández D, Hernández C, Martínez-Montaño E, Ibarra-Castro L, Lizárraga-Velázquez E, Leyva-López N, Chávez-Sánchez MC. 2021. Fish meal replacement by soybean products in aquaculture feeds for white snook, *Centropomus viridis*: Effect on growth, diet digestibility, and digestive capacity. *Aquaculture*. 530:1–9. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735823.
- Bae J, Song Y, Moniruzzaman M, Hamidoghli A, Lee S, Je H, Choi W, Min T, Bai SC. 2021. Evaluation of Dietary Soluble Extract Hydrolysates with or without Supplementation of Inosine Monophosphate Based on Growth, Hematology, Non-Specific Immune Responses and Disease Resistance in Juvenile Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Animals*. 11(4):1–12. en. doi:10.3390/ani11041107.
- Biswas JK, Sarkar D, Chakraborty P, Bhakta JN, Jana BB. 2006. Density dependent ambient ammonium as the key factor for optimization of stocking density of common carp in small holding tanks. *Aquaculture*. 261(3):952–959. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.08.021.
- El-Sayed A-FM. 2006. *Tilapia culture*. Wallingford: CABI. ISBN: 0-85199-014-2.
- Evans JJ, Pasnik DJ, Brill GC, Klesius PH. 2006. Un-ionized Ammonia Exposure in Nile Tilapia: Toxicity, Stress Response, and Susceptibility to *Streptococcus agalactiae*. *North American Journal of Aquaculture*. 68(1):23–33. doi:10.1577/a05-032.1.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. El estado mundial de la pesca y la agricultura 2020: La sostenibilidad en acción. Roma (Italia): FOOD & AGRICULTURE ORG. ISBN: 9251327564.
- FitzGerald RJ, O'Cuinn G. 2006. Enzymatic debittering of food protein hydrolysates. *Biotechnology Advances*. 24(2):234–237. doi:10.1016/j.biotechadv.2005.11.002.
- Gui D, Liu W, Shao X, Xu W. 2010. Effects of different dietary levels of cottonseed meal protein hydrolysate on growth, digestibility, body composition and serum biochemical indices in crucian

- carp (*Carassius auratus gibelio*). *Animal Feed Science and Technology*. 156(3):112–120. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.01.012.
- Khosravi S, Bui HTD, Herault M, Fournier V, Kim K-D, Lee B-J, Kim K-W, Lee K-J. 2018. Supplementation of Protein Hydrolysates to a Low-fishmeal Diet Improves Growth and Health Status of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J World Aquacult Soc*. 49(5):897–911. doi:10.1111/jwas.12436.
- Khosravi S, Rahimnejad S, Herault M, Fournier V, Lee C-R, Dio Bui HT, Jeong J-B, Lee K-J. 2015. Effects of protein hydrolysates supplementation in low fish meal diets on growth performance, innate immunity and disease resistance of red sea bream *Pagrus major*. *Fish & Shellfish Immunology*. 45(2):858–868. doi:10.1016/j.fsi.2015.05.039.
- Leduc. A, Zatylny-Gaudin. C, Robert. M, Corre. E, Le Corguille. G, Castel. H, Lefevre-Scelles. A, Fournier.V, Gisbert. E, Andree. K.B, et al. 2018. Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax* ) fed low fish meal diets. *BMC Genomics*. 19(1):1–20. En;en. doi:10.1186/s12864-018-4780-0.
- Li S, Dai M, Qiu H, Chen N. 2021. Effects of fishmeal replacement with composite mixture of shrimp hydrolysate and plant proteins on growth performance, feed utilization, and target of rapamycin pathway in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture*. 533:1–58. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.736185.
- Li RiMei, Shen GuangRong, Huang Fang, Yang QiHui, Tan BeiPing, Dong XiaoHui. 2018. Effects of small peptides on growth, body composition, non-specific immunity and disease resistance of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Chinese Journal of Animal Nutrition*. 30(8):3082–3090. Chinese.
- Liang D, Wang J, Warson Ray G, Yang Q, Tan B, Dong X, Chi S, Liu H, Zhang S. 2020. Effects of different dietary levels of soybean protein hydrolysates on the growth performance, antioxidant capacity

- and relative mRNA expression levels of juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus* ♀ × *Epinephelus lanceolatus* ♂). *Aquaculture Nutrition*. 26(6):1857–1870. en. doi:10.1111/anu.13134.
- Mamauag REP, Koshio S, Ishikawa M, Yokoyama S, Gao J, Nguyen BT, Ragaza JA. 2011. Soy peptide inclusion levels influence the growth performance, proteolytic enzyme activities, blood biochemical parameters and body composition of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*. 321(3):252–258. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.09.022.
- Martínez-Palacios CA, Barriga Tovar E, Taylor JF, Ríos Durán G, Ross LG. 2002. Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes. *Aquaculture*. 209(1-4):369–377. doi:10.1016/s0044-8486(01)00873-0.
- Menon Renewable Products. 2019. Menon Renewable Products MrFeed® Pro50 ...Feed for Life! Estados Unidos: Menon Renewable Products; [actualizado el 10 de ene. de 2020; consultado el 26 de jun. de 2021]. <http://menon.us/mrfeed-pro50-2/>.
- Muranova TA, Zinchenko DV, Kononova SV, Belova NA, Miroshnikov AI. 2017. Plant protein hydrolysates as fish fry feed in aquaculture. Hydrolysis of rapeseed proteins by an enzyme complex from king crab hepatopancreas. *Appl Biochem Microbiol*. 53(6):680–687. En;en. doi:10.1134/S0003683817060102.
- Muranova TA, Zinchenko DV, Miroshnikov AI. 2019. Hydrolysates of Soybean Proteins for Starter Feeds of Aquaculture: The Behavior of Proteins upon Fermentolysis and the Compositional Analysis of Hydrolysates. *Russ J Bioorg Chem*. 45(3):195–203. En;en. doi:10.1134/S1068162019030038.
- Oliva-Teles A, Cerqueira AL, Gonçalves P. 1999. The utilization of diets containing high levels of fish protein hydrolysate by turbot (*Scophthalmus maximus*) juveniles. *Aquaculture*. 179(1):195–201. doi:10.1016/S0044-8486(99)00162-3.

- Ordoñez MF. 2020. Evaluación de la inclusión de MrFeed Pro 50 Ta en dietas para alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6801/1/CPA-2020-T082.pdf>.
- Ospina-Salazar GH, Ríos-Durán MG, Toledo-Cuevas EM, Martínez-Palacios CA. 2016. The effects of fish hydrolysate and soy protein isolate on the growth performance, body composition and digestibility of juvenile pike silverside, *Chirostoma estor*. *Animal Feed Science and Technology*. 220:168–179. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.08.011.
- Ray GW, Liang D, Yang Q, Tan B, Dong X, Chi S, Liu H, Zhang S, Rimei L. 2020. Effects of replacing fishmeal with dietary soybean protein concentrate (SPC) on growth, serum biochemical indices, and antioxidative functions for juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 516:1–56. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734630.
- Refstie S, Korsøen ØJ, Storebakken T, Baeverfjord G, Lein I, Roem AJ. 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 190(1-2):49–63. doi:10.1016/S0044-8486(00)00382-3.
- Robaina L, Izquierdo MS, Moyano FJ, Socorro J, Vergara JM, Montero D, Fernández-Palacios H. 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. *Aquaculture*. 130(2-3):219–233. doi:10.1016/0044-8486(94)00225-d.
- Shao J, Zhao W, Liu X, Wang L. 2018. Growth Performance, Digestive Enzymes, and TOR Signaling Pathway of *Litopenaeus vannamei* Are Not Significantly Affected by Dietary Protein Hydrolysates in Practical Conditions. *Front. Physiol.* 9:1–21. English. doi:10.3389/fphys.2018.00998.
- Song Z, Li H, Wang J, Li P, Sun Y, Zhang L. 2014. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle

- composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture*. 426-427:96–104. doi:10.1016/j.aquaculture.2014.01.002.
- Swanepoel JC, Goosen NJ. 2018. Evaluation of fish protein hydrolysates in juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. *Aquaculture*. 496:262–269. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.06.084.
- Urán PA, Gonçalves AA, Taverne-Thiele JJ, Schrama JW, Verreth JAJ, Rombout JHWM. 2008. Soybean meal induces intestinal inflammation in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish & Shellfish Immunology*. 25(6):751–760. doi:10.1016/j.fsi.2008.02.013.
- Yongqing Hou, Zhenlong Wu, Zhaolai Dai, Genhu Wang, Guoyao Wu. 2017. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *J Animal Sci Biotechnol*. 8(1):1–13. En;en. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40104-017-0153-9>. doi:10.1186/s40104-017-0153-9.
- Zambonino Infante JL, Cahu CL, Peres A. 1997. Partial Substitution of Di- and Tripeptides for Native Proteins in Sea Bass Diet Improves *Dicentrarchus labrax* Larval Development. *The Journal of Nutrition*. 127(4):608–614. doi:10.1093/jn/127.4.608.
- Zhang C, Rahimnejad S, Wang Y-r, Lu K, Song K, Wang L, Mai K. 2018. Substituting fish meal with soybean meal in diets for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*): Effects on growth, digestive enzymes activity, gut histology, and expression of gut inflammatory and transporter genes. *Aquaculture*. 483:173–182. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.10.029.

## Anexos

### Anexo A

*Temperaturas matutinas registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus).*

Tratamientos	Semana			
	1	2	3	4
Control	27.30	27.20	27.33	28.07
T1	27.87	27.10	27.93	28.60
T2	28.17	27.27	28.37	27.77

### Anexo B

*Temperaturas vespertinas registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus).*

Tratamientos	Semana			
	1	2	3	4
Control	32.30	32.00	32.47	32.00
T1	32.03	32.23	32.20	32.30
T2	32.37	32.17	32.47	31.95

**Anexo C**

*Concentraciones promedio de amonio registradas en el experimento con MrFeed® Pro-50 Ta en el pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus).*

Tratamientos	Semana			
	1	2	3	4
Control	0.42	0.58	0.71	0.75
T1	0.42	0.46	0.67	0.76
T2	0.50	0.75	0.92	0.58