

Evaluación del efecto de aceites esenciales en alimentos balanceados para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Salomón Sledge Ortega Reyes

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación del efecto de aceites esenciales en alimentos balanceados para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Proyecto especial de graduación presentado como requisito para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Salomón Sledge Ortega Reyes

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Evaluación del efecto de aceites esenciales en alimentos balanceados para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Salomón Sledge Ortega Reyes

Resumen. Las tendencias alimenticias de cultivos acuícolas están cambiando. La industria, investigadores y piscicultores apuntan al mejoramiento en rendimiento productivo considerando el bienestar animal y medioambiental. El desarrollo de nuevas alternativas está enfocado a la adición de aditivos a base de extractos naturales que reemplacen el uso de químicos y antibióticos que representen un riesgo sanitario y efectos negativos en el alimento. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de aceites esenciales (MixOil®) en los parámetros productivos de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y del alimento mediante parámetros físico-químicos. El experimento incluyó cuatro tratamientos; 6000 alevines divididos en 1500 alevines por tratamiento y tres repeticiones de cada uno. La siembra de alevines se realizó en 12 tanques de 0.27 m³ con un total de 500 alevines por tanque. Se evaluó el Control, AT100 (dosis máxima), AT75 (75%) y AT50 (50%). Los parámetros productivos se midieron durante 30 días con muestreos cada 10 días. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un grado de significancia ($P \leq 0.05$). Los tratamientos no presentaron diferencias ($P > 0.05$) en los parámetros de ganancia diaria de peso y sobrevivencia. Los tratamientos si presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) en los parámetros de biomasa e índice de conversión alimenticia pero no una mejora en rendimiento. Se encontró un efecto y diferencia ($P \leq 0.05$) en los parámetros de textura y color del alimento proporcionado.

Palabras claves: Acuicultura, aditivos, extractos, tanques.

Abstract. The feeding trends in aquaculture are changing. The industry, researchers and fish farmers are aiming to improve productive yield, having as a priority, animal welfare and environmental safety. The development of new alternatives are focused on the incorporation of natural extracts additives, replacing chemicals and antibiotics usage representing health risk and negative effects in the fish feed. The objective of the study was to evaluate the effect of essential oils (MixOil®) in productive parameters of tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) and feed by means of physical-chemical parameters. The experiment consisted of four treatments; 6000 fingerlings divided into 1500 fingerlings and three replicates per treatment. The fingerlings were distributed in 12 tanks of 0.27 m³ with 500 fingerlings per tank. Control, AT100 (maximum dose), AT75 (75%) and AT50 (50%) was evaluated. The productive parameters were measured during 30 days, sampling every 10 days. A completely randomized design (CRD) was used, with a significance of ($P \leq 0.05$). The treatments did not show differences ($P > 0.05$) in daily weight gain and survival parameters. The treatments showed differences ($P \leq 0.05$) for biomass and feed conversion index parameters, but did not show an overall yielding improvement. An effect and difference ($P \leq 0.05$) it was found in the texture and color of the feed used.

Key words: Aquaculture, additives, extracts, tanks.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES	16
5. RECOMENDACIONES	17
6. LITERATURA CITADA.....	18
7. ANEXOS	23

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Distribución de los tratamientos según su dosis.....	4
2. Análisis químicos realizados al alimento balanceado control y alimento balanceados con el aceite que presentó mejores resultados.	5
3. Parámetros ΔE según ISO 12647-2.....	6
4. Ganancia diaria de peso medida en gramos (g) utilizando alimento comercial y alimento comercial más aceites esenciales en diferentes dosis en alevines de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	8
5. Comparación de biomasa obtenida por alevines de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) durante 30 días con la adición de aceites esenciales en las dietas.....	9
6. Comparación del índice de conversión alimenticia registrada durante 30 días con dieta comercial y dietas comerciales suministradas con aceites esenciales en alevines de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	9
7. Efecto de los cuatro tratamientos con aceites esenciales en diferentes niveles en sobrevivencia de alevines de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) durante 30 días.....	10
8. Comparación del tratamiento control y tratamientos control suministrados con aceites esenciales en diferentes dosis en parámetros productivos según promedios acumulados durante 30 días.....	11
9. Parámetros físicos evaluados de los tratamientos Control y AT100.....	12
10. Resultados de los ejes L^* , a^* , b^* del color evaluado en tratamientos Control y AT100.....	13
11. Resultados de compresión diametral evaluados en tratamientos Control y AT100.....	14
12. Resultados evaluados de diámetro medio en tratamientos Control y AT100.	14
13. Resultados de análisis químicos evaluados de los tratamientos Control y AT100.....	15
Anexos	Página
1. Porcentaje de alimentación, FAO.....	23
2. Perfil de Ácidos Grasos, MixOil®.....	24
3. Dosificación de MixOil® según ración alimenticia.....	24
4. Compresión diametral expresada en newtons.....	25

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es la cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas. La cría supone la intervención humana para incrementar la producción, por ejemplo, concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. La cría supone, asimismo, tener la propiedad de las poblaciones de peces que se estén cultivando (FAO 2003).

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. De manera general, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), al igual que otras especies de tilapia presentan una serie de características que las hacen candidatos ideales para la acuicultura. Dentro de estas características se encuentran, alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, fácil reproducción, alta resistencia a enfermedades, alta productividad, rápida aceptación a todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales (Alcantar *et al.* 2014).

La intensificación de la acuicultura culmina con barreras sanitarias y en ocasiones, buenas prácticas de manejo que pueden afectar la producción. Los piscicultores hacen uso de diferentes químicos y antibióticos, lo cual representa un riesgo para el ambiente acuático. Para evitar los problemas asociados con el uso de sustancias químicas, los científicos están a la búsqueda de alternativas y soluciones preventivas, basados principalmente en el uso de aditivos en piensos (Valladão *et al.* 2017).

Actualmente los extractos naturales desempeñan un papel importante dentro de la acuicultura por su potencial como agentes antimicrobianos, además de su influencia en el mejoramiento del crecimiento, eficiencia alimenticia e índice de supervivencia de los peces. Las pocas investigaciones, se han realizado sobre el empleo de estos extractos naturales adicionados a la dieta en cultivos de tilapia, con el fin de evaluarlos como una alternativa (Rattanachaikunsopon y Phumkhachorn 2009; Gabor *et al.* 2010).

En el presente, diferentes metodologías son usadas para evaluar propiedades físico-químicas de alimentos extruidos y análisis sobre el efecto de diferentes formulaciones en las propiedades de los productos. La falta de estudios limita la información de las propiedades físicas del alimento que permitan describir las interacciones entre ingredientes durante la elaboración, uso y las posibles repercusiones en los parámetros zootécnicos. Las propiedades de las dietas deben determinarse de forma rutinaria, en particular si se investigan nuevos ingredientes, su evaluación cuya interacción afecta directamente sus propiedades físico-químicas, permite un mejor manejo y aprovechamiento durante el almacenamiento, transporte y alimentación neumática del producto (Hoyos *et al.* 2017).

EccoFeed LLC, una empresa dedicada a la elaboración, distribución y comercialización de materias primas y productos alternativos para alimentación animal. MixOil® es una mezcla altamente concentrada de aceites esenciales que puede ser considerada como un saborizante multipropósito, estimula la digestión de los nutrientes, posee acción antioxidante, antibacteriana, antiinflamatoria, estimula el sistema de defensa inmunitaria y consecuentemente, la salud animal y sus rendimientos. La evaluación de este nuevo producto evidenciará los múltiples beneficios del producto.

- El objetivo del estudio fue la evaluación del efecto de aceites esenciales sobre el rendimiento productivo de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en ganancia diaria de peso, biomasa, sobrevivencia e índice de conversión alimenticia; además de la evaluación de la calidad del producto en las dietas mediante parámetros físico-químicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio práctico se realizó en los meses de julio y septiembre del 2018, tuvo lugar en la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a 32 km al SE de Tegucigalpa carretera a Danlí, Honduras, a una altitud aproximada de 700 msnm con temperatura promedio anual de 24 °C y una precipitación anual de 1,100 mm. Al mismo tiempo, se realizaron una serie de análisis físico-químicos en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), ubicado en el departamento de Agroindustria Alimentaria.

Se utilizó un total de 6,000 alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) provenientes de la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”. La distribución se realizó en 12 tanques de fibra de vidrio con una capacidad de 0.27 m³ de agua y 500 alevines por tanque. Los tanques se colocaron dentro de un invernadero, evitando la depredación de los alevines y cambios drásticos de temperatura en el agua. El agua utilizada para el llenado de tanques provino del reservorio Monte Redondo, el cual abastece la unidad de acuicultura. El traslado de alevines de la Unidad de Acuicultura al invernadero se realizó después del proceso de reversión sexual con 28 días de duración. Los alevines fueron pesados y sometidos a una mezcla de agua con 10.5 libras de NaCl, 3% o 30.000 ppm, por 30 segundos como tratamiento preventivo de enfermedades causadas por el daño físico durante el traslado y siembra.

El alimento comercial que se utilizó en el experimento fue marca AQUAFEED[®] con 40% de proteína cruda (PC) y se alimentó por un lapso de 30 días. La cantidad de alimento suministrada se calculó cada semana en base al peso promedio después de cada muestreo, número de peces y a la tabla de porcentaje de alimentación de la FAO. La primera semana, con un peso promedio de 0.20 g por alevín, se multiplicó por el total de 6,000 alevines, el resultado se multiplicó por el 10% o la ración de alimento que los alevines tenían que consumir. El resultado de 120 g de alimento al día se dividió entre los 12 tanques. La ración de alimento que se suministró fue de 10 g por tanque, 5 gramos por la mañana y tarde.

Los tratamientos se dividieron según las dosis de aceites esenciales aplicadas, cada tratamiento se aplicó a un grupo distinto de tres tanques. El tratamiento Control (CT) fue el alimento AQUAFEED[®] con 40% de PC sin ningún tipo de aditivo. El tratamiento AT50 se suplementó con el 50% de la dosis máxima de MixOil[®], 1.1 ml de aceite mezclado en 200 ml de agua. El tratamiento AT75 se suplementó con el 75% de la dosis máxima de MixOil[®], 1.7 ml de aceite mezclado en 200 ml de agua. El tratamiento AT100 se suplementó con la dosis máxima de MixOil[®], 2.3 ml de aceite mezclado en 200 ml de agua. En el Cuadro 1 se describe la distribución de los tratamientos según dosis.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos según su dosis.

Tratamientos	Tanques	Porcentaje de MixOil®
Control	1, 2, 3	0%
AT100	4, 5, 6	Dosis máxima*
AT75	7, 8, 9	75% de la dosis máxima
AT50	10, 11, 12	50% de la dosis máxima

AT: Alimento tilapia

*Dosis máxima del producto: 200 ml / 1 TM alimento

El muestreo se realizó de un conteo del 5% del total de peces por tanque (25 peces/tanque), según el manual de alimentación para tilapia elaborado por Guerrero (2014), que indica realizar el muestreo cada 15 o 30 días, en este caso, el muestreo se realizó cada 10 días al igual que el recambio de agua para reducir el estrés en los peces según Marcillo (2017). Los peces fueron contados individualmente y pesados en una báscula OHAUS CS 5000. Los peces no se alimentaron a la hora del muestreo o recambio de agua por la falta de apetito causado por el estrés de la manipulación, actividades que eran realizadas por horas de la mañana, sin embargo, una vez realizadas dichas actividades se alimentaron los peces por la tarde.

Los alevines se pesaron por tanque durante los días 10, 20 y 30 después de la siembra, teniendo un total de tres tomas de datos, las siguientes variables fueron medidas:

Ganancia diaria de peso (GDP). Se calculó realizando la diferencia entre el peso final y el peso inicial dividido los días del muestreo, con la ecuación 1:

$$GDP = \frac{pf - pi}{D} \quad [1]$$

Donde:

pf = Peso Final

pi = Peso Inicial

D = días

Biomasa (BM). Se obtuvo multiplicando la población por el peso de los alevines según el día del muestro, con la ecuación 2:

$$BM = pf \times P \quad [2]$$

Donde:

pf = Peso al día de muestreo

P = Población el día de muestreo

Índice de conversión alimenticia (ICA). Se determinó dividiendo el consumo de alimento total de la fase entre la biomasa final, con la ecuación 3:

$$ICA = \frac{CA}{BM} \quad [3]$$

Donde:

CA = Consumo de Alimento

BM = Biomasa

Sobrevivencia (SB). Es el resultado dividiendo la población final entre la inicial multiplicado por cien para representarse en porcentaje, con la ecuación 4:

$$SB = \frac{Pf}{Pi} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

Pf= Población final

Pi= Población inicial

En el presente experimento se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), se evaluaron los cuatro tratamientos con tres repeticiones y medidas en el tiempo. Las variables analizadas fueron: ganancia de peso diario (GPD), índice de conversión alimenticia (ICA), biomasa (BM), sobrevivencia (SB). Se realizó una separación de medias Duncan y un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$). Se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4).

Se analizó cada uno de los tratamientos con la inclusión de los aceites esenciales de acuerdo a los parámetros productivos para identificar cual presentó mejor rendimiento productivo acumulado. Los parámetros físico-químicos del tratamiento con mejor rendimiento productivo se compararon con el control.

Análisis químicos.

La normativa utilizada para la obtención de las características químicas fue bajo la metodología AOAC. Los parámetros evaluados y metodología se presentan en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis químicos realizados al alimento balanceado control y alimento balanceados con el aceite que presentó mejores resultados.

Parámetro	Método
Actividad de agua (Aqualab)	AOAC 978.18
Humedad	AOAC 950.468
Extracto etéreo	AN FOSS 3004

Fuente: (Latimer 2012).

Análisis cromatografía de gases. Se realizó a través del método AOCS Ce 2b-11 (AOCS 1998).

Condiciones del método. temperatura del horno a 250 °C, programa del horno (temperatura inicial de 180 °C luego 20 °C/min hasta llegar a 215 °C), con un tiempo de corrida de 65 minutos y un volumen de inyección de 1 µL.

Puerto de inyección. Split liner 4 mm i.d.; 6,6 mm o.d. × 75 mm con Micro jeringa con aguja, para cromatografía de gases 10 µL.

Fase estacionaria. Supelco SP-2560 Fused Silica Capillary Column 250 °C: 100 m × 250 µm × 0.25 µm.

Fase móvil. flujo de hidrógeno de Generador de hidrógeno Parker Balston para GC (40 mL/min), flujo de aire de 450 mL/min.

Identificación y cuantificación. para la identificación se compararon tiempos con los estándares GLC-714 y GLC-463 y la cuantificación a través de la integración de áreas de los cromatogramas, calculando en porcentaje cada área con respecto a la línea base.

Análisis físicos.

Color. Se utilizó el colorímetro Colorflex Hunter L*a*b* bajo el método AN 1018.00 que describen los colores y tres ejes de coordenadas, en donde L* indica luminosidad/claridad, a* indica la intensidad del color rojo-verde y b* la intensidad del color amarillo-azul (HunterLab 2008). Se calculó el error delta o “ΔE” para diferenciar las dos muestras de color mediante los estándares establecidos, Cuadro 3, por la norma ISO 12647-2 (ISO 2004).

L*= va desde 0 = negro y 100 = blanco

a*= va desde -80 a 0 = verde y de 0 a +100 = rojo

b*= va desde -100 a 0 = azul y de 0 a +70 = amarillo

La ecuación $\Delta E = ((L^*_m - L^*_c)^2 + (a^*_m - a^*_c)^2 + (b^*_m - b^*_c)^2)^{1/2}$

Donde, _m indica el valor de la muestra y _c el valor del control.

Cuadro 3. Parámetros ΔE según ISO 12647-2.

ΔE*	Calidad
1	Excelente
1-2	Buena
2-4	Normal
4-5	Suficiente
> 5	Mala

Valores <3 = “just noticeable difference (JND)” o diferencia apenas perceptible.

Valores >5 = diferencia de color evidente.

Granulometría. El parámetro físico de granulometría en el alimento balanceado se determinó bajo la metodología AOAC 965.22 y una muestra de 50 g del alimento con tres repeticiones. Se agitó durante 5 min cada repetición y se pesó el alimento que se retuvo en cada tamiz (Cunniff 2016).

Densidad Aparente. Generalmente la densidad aparente se determina según la norma ISO 5311-1992 (ISO 1992). Se determina mediante el llenado de un cilindro volumétrico con una cantidad de pellet conocida. Se debe llenar completamente el cilindro hasta el borde superior, para enrasar el borde se usa una espátula suavemente. Entonces se toma el peso del cilindro lleno en una balanza. La densidad es calculada como la masa de la muestra por la unidad de volumen de la muestra (g/L) (Aarseth *et al.* 2006).

Análisis de textura. Se utilizó el texturómetro Brookfield® CT3 para evaluar la dureza de los pellets. El test utilizado fue un análisis de perfil de textura del alimento (APT), con una velocidad de gancho de 1 mm/s, carga de activación de 0.067 N y un 30% de ruptura como objetivo, utilizando la sonda TA-PFS-C, según Salinas (2017). Se colocó cada pellet sobre un soporte, la sonda TA-PFS-C se desplazó verticalmente con el brazo del instrumento para que quedara la muestra alineada con la sonda y se realizó la prueba ejerciendo una fuerza de compresión hasta producir el quiebre. Se aplicó compresión en tres repeticiones por tratamiento. Los resultados se expresaron en Newtons (N).

Diámetro medio. Se utilizó un instrumento de medición precisa, mejor conocido como calibre, calibrador o “Pie de Rey”, con el cual se midió el diámetro de la parte media de cada pellet de una muestra tomada aleatoriamente. Se repitió el procedimiento alrededor de unas treinta veces con el fin de obtener una medida significativa.

Flotabilidad. Para medir la flotabilidad del pellet se tomó el tiempo en horas y minutos que tarda el pellet en hundirse. Para ello, se realizó un pequeño muestreo de cada tratamiento y sus repeticiones, se colocaron las muestras en una probeta de 500 ml. El tiempo tomado indicó cual es el pellet que mejor reúne las características físicas para adaptarse a las condiciones acuáticas de producción de tilapia (Berman 2007).

Diseño experimental.

En el experimento se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA).

Análisis estadístico.

Se realizó una separación de medias Duncan y un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Se utilizó el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4®) para evaluar los datos obtenidos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia diaria de peso (GDP). Los tratamientos no mostraron diferencia significativa durante los tres muestreos (día 10, 20 y 30). En el Cuadro 4, la GDP del tratamiento AT75 mostró un aumento considerable al haber iniciado siendo el más bajo e igualándose a los demás tratamientos en el transcurso del estudio.

Cuadro 4. Ganancia diaria de peso medida en gramos (g) utilizando alimento comercial y alimento comercial más aceites esenciales en diferentes dosis en alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).

Tratamiento	Días de Muestreo		
	10 ^{n.s.}	20 ^{n.s.}	30 ^{n.s.}
Control (g)	0.03 ± 0.008	0.07 ± 0.011	0.02 ± 0.007
AT100 (g)	0.01 ± 0.008	0.07 ± 0.011	0.03 ± 0.006
AT75 (g)	0.002 ± 0.012	0.05 ± 0.011	0.03 ± 0.004
AT50 (g)	0.02 ± 0.008	0.05 ± 0.008	0.02 ± 0.005
Probabilidad			<0.2794
Coefficiente de variación (%)			36.65

^{n.s.} valores en cada misma columna no presentan diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$).

Estos datos se asemejan a los reportados por Freccia *et al.* (2014), donde indican que no hubo efecto en la ganancia diaria de peso por la suplementación de la mezcla de aceites esenciales conformada por carvacrol, cinamaldehído, 1,8-cineol y oleorresina de pimienta en la dieta de los peces. También se observó que el peso en algunos tratamientos se mantuvo igual.

Biomasa (BM). Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. En el Cuadro 5, se observó que la biomasa del día 20 incrementó hasta tres veces el valor comparada con la biomasa al día 10. A lo largo del estudio, el tratamiento Control logró los mayores índices de biomasa, el segundo con mejores resultados fue el AT100 con excepción en el día 10. En el muestreo del día 30, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre el Control y tratamiento AT100, al igual que los tratamientos AT75 y AT50 que estuvieron por debajo de los demás.

Cuadro 5. Comparación de biomasa obtenida por alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) durante 30 días con la adición de aceites esenciales en las dietas.

Tratamiento	Días de Muestreo		
	10	20	30
Control (g)	180.00 ± 40.0 ^a	543.68 ± 69.32 ^a	636.84 ± 47.43 ^a
AT100 (g)	106.67 ± 40.0 ^{ab}	464.21 ± 87.70 ^{ab}	592.08 ± 64.20 ^a
AT75 (g)	46.67 ± 61.10 ^b	316.72 ± 13.79 ^c	320.36 ± 26.44 ^b
AT50 (g)	126.67 ± 41.63 ^{ab}	389.53 ± 13.79 ^{bc}	461.76 ± 24.19 ^b
Probabilidad			<0.0001
Coeficiente de variación (%)			14.27

a, b, c = Medias seguidas de letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

En el segundo muestreo (día 20), se incrementó considerablemente la biomasa de todos los tratamientos con aceites esenciales y el control, datos que concuerdan con los reportados por Marcillo (2017) en alevines de tilapia gris con prebióticos en condiciones de manejo similares a las del estudio y también refleja en su estudio que el Control tuvo la mayor biomasa. Estos resultados no concuerdan con Moreno *et al.* (2013), quienes mencionan no haber encontrado diferencia significativa en los parámetros de biomasa de las dietas con fuentes lipídicas de chía (*Salvia hispanica*) y lino (*Linum usitatissimum*).

Índice de Conversión Alimenticia (ICA). Se encontró diferencia ($P \leq 0.05$) entre tratamientos al día 10. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos al día 20 y 30 (Cuadro 6). En el primer muestreo (día 10), se registró un ICA bajo (<1) en los tratamientos Control y AT100 y un ICA alto (>1) para los tratamientos AT75 y AT50. A partir del segundo muestreo en el día 20 hasta la culminación del estudio, todos los índices de conversión alimentación fueron bajos (<1).

Cuadro 6. Comparación del índice de conversión alimenticia registrada durante 30 días con dieta comercial y dietas comerciales suministradas con aceites esenciales en alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).

Tratamiento	Días de Muestreo		
	10	20 ^{n.s.}	30 ^{n.s.}
Control	0.29 ± 0.07 ^a	0.17 ± 0.03	0.43 ± 0.03
AT100	0.54 ± 0.07 ^b	0.11 ± 0.02	0.39 ± 0.03
AT75	1.11 ± 0.30 ^c	0.08 ± 0.06	0.34 ± 0.02
AT50	1.04 ± 0.26 ^a	0.16 ± 0.05	0.43 ± 0.02
Probabilidad			0.0082
Coeficiente de variación (%)			33.21

a, b, c = Medias seguidas de letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Según lo reportado por Triana-García *et al.* (2013), se logró una mayor eficiencia alimenticia en las dietas que contenían los aceites de origen vegetal ($P \leq 0.05$) en

comparación a las que no lo tenían, sin embargo, no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre las dietas con diferentes porcentajes de inclusión del aceite. Esto también lo sustentan Pallares y Borbor (2012) en su estudio, donde indican que no existe diferencia ($P > 0.05$) entre dos tratamientos con diferentes concentraciones de aceites, uno de ellos con la adición de un solo aceite esencial con fuentes de Omega 3 y el otro con una mezcla de aceites con fuentes de Omega 3 y Omega 6. Sin embargo, sí se observó diferencia ($P \leq 0.05$) entre estos dos tratamientos con aceites en comparación al tratamiento Control sin la presencia de los aceites. Los datos por parte de Freccia *et al.* (2014) reportan un ICA alto (>1) de 1.54 en la fase inicial de la tilapia, similar a la obtenida por el AT75 con 1.11 y el AT50 con 1.04 en el primer muestreo (día 10) y no haber encontrado diferencia ($P > 0.05$) en los tratamientos con diferentes dosis de carvacrol, cinamaldehído, 1,8-cineol y oleoresina de pimienta al igual que la dieta control carente de alguna dosis con estos aditivos. El experimento realizado por Campagnolo *et al.* (2013), asegura que el ICA no se vio afectado por los niveles crecientes de aceites esenciales de orégano, canela, romero y extracto de pimienta en las diferentes dietas, debido a que las dosis utilizadas en el estudio no fueron suficientes como para promover un efecto positivo.

Sobrevivencia (SB). No se encontró diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$). En el primer muestreo (día 10), se observó una mayor mortalidad en comparación a los muestreos del día 20 y 30 (Cuadro 7). Esto se debió a un ataque de hongo del género *Saprolegnia* durante los primeros días después de la siembra; factores como estrés durante el transporte y siembra pudieron haber inferido, se reemplazó el número de alevines muertos por tanque. Los índices de mortalidad disminuyeron a partir del segundo muestreo (día 20), reflejando el control y erradicación del hongo mejorando las condiciones sanitarias de los alevines.

Cuadro 7. Efecto de los cuatro tratamientos con aceites esenciales en diferentes niveles en sobrevivencia de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) durante 30 días.

Tratamiento	Días de Muestreo		
	10 ^{n.s.}	20 ^{n.s.}	30 ^{n.s.}
Control (%)	100	99.47 $\pm$ 0.61	98.47 $\pm$ 0.31
AT100 (%)	100	99.47 $\pm$ 0.61	98.67 $\pm$ 0.72
AT75 (%)	100	99.00 $\pm$ 0.61	97.93 $\pm$ 0.64
AT50 (%)	100	99.00 $\pm$ 0.61	97.60 $\pm$ 1.30
Probabilidad			0.3387
Coefficiente de variación (%)			0.69

^{n.s.} valores en la misma columna no presentan diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$).

Los datos reportados por Salazar y Flores (2015), indican que no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre dietas de tilapia roja enriquecidas con aceites esenciales de cúrcuma, hierbaluisa y una mezcla de ambos en comparación al control, también indican que la principal causa de mortalidad fueron los brotes ocasionales de saprolegniasis y parásitos. Estos datos concuerdan con Campagnolo *et al.* (2013) y Freccia *et al.* (2014), quienes afirman no tener efecto alguno los aceites esenciales en la supervivencia de los peces sin importar los

diferentes niveles en lo que se administraron. En estos estudios, los investigadores trabajaron con densidades bajas promoviendo una condición de bajo estrés, no influenciando la supervivencia que presentaron medias todas arriba de 90%, aun aquellos grupos que recibieron las raciones con ausencia de los aditivos. En otro estudio realizado por Shalaby *et al.* (2006), reportan resultados con elevada supervivencia para alevines de tilapia gris almacenados a una densidad de 200 alevines/m³ y alimentos con dietas que contenían diferentes niveles de extracto de ajo. Morris (2007), afirma la importancia de los ácidos grasos Omega 3 y la inclusión de estos en las dietas balanceadas, ya que promueven el correcto funcionamiento del sistema inmune, un normal crecimiento, sobrevivencia y buen desarrollo, sobre todo en larvas de peces marinos donde ha sido ampliamente demostrado.

Promedio acumulado. En el Cuadro 8, se indicaron los promedios acumulados y tendencia de cada parámetro productivo, desde el día 0 hasta el día 30 donde finalizó el estudio. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para índice de conversión alimenticia (ICA) y sobrevivencia (SB). En los parámetros productivos de ganancia diaria de peso (GDP) y biomasa (BM) si se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), donde AT100 presentó mejor desempeño después del Control, por lo cual, se seleccionó para realizar los análisis físicos-químicos en comparación al Control.

Cuadro 8. Comparación del tratamiento control y tratamientos control suministrados con aceites esenciales en diferentes dosis en parámetros productivos según promedios acumulados durante 30 días.

Tratamiento	GDP	BM	ICA ^{n.s.}	SB ^{n.s.}
Control	0.04 ± 0.003 ^a	636.84 ± 47.43 ^a	0.65 ± 0.03	98.47 ± 0.31
AT100	0.04 ± 0.004 ^a	592.08 ± 64.20 ^a	0.57 ± 0.03	98.67 ± 0.72
AT75	0.02 ± 0.001 ^b	320.36 ± 26.44 ^b	0.49 ± 0.07	97.93 ± 0.64
AT50	0.03 ± 0.001 ^b	461.76 ± 24.19 ^b	0.67 ± 0.06	97.60 ± 1.30
Probabilidad	0.0065	0.0040	0.1365	0.1202
Coefficiente de variación (%)	7.22	6.59	16.29	1.99

GDP= Ganancia diaria de peso (g/pez/día)

BM= Biomasa (g/tanque)

ICA= Índice de conversión alimenticia (g:g)

SB= Sobrevivencia (%)

n.s.= Valores en la misma columna no presentan diferencia estadísticamente significativa ($P > 0.05$).

a, b, c = Medias seguidas de letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Análisis físicos. En el Cuadro 9, no se observaron cambios o diferencias en el tamaño de partícula de los extruidos, ambos tratamientos fueron retenidos por la misma malla granulométrica y se obtuvieron valores iguales en densidad aparente después ser compactados en una probeta volumétrica de 500 g y pesados. Se prolongó el tiempo de flotabilidad en el tratamiento AT100 y conservaron su estructura. Los extruidos del

tratamiento Control se desintegraron antes del hundimiento, se observó un desmoronamiento parcial que fue aumentando según el tiempo que permanecían en la superficie del agua.

Cuadro 9. Parámetros físicos evaluados de los tratamientos Control y AT100.

Parámetros	Control Contenido $\pm$ DE	AT100 Contenido $\pm$ DE
Granulometría (μm)	> 850	> 850
Densidad aparente (g/L)	248.8 ± 4.27	248 ± 5.73
Flotabilidad (h)	13.3 ± 1.2	18.7 ± 1.2

DE: Desviación Estándar

La densidad aparente y tamaño de partícula es importante porque mediante estas se puede controlar la velocidad de hundimiento y la flotabilidad, ya que influyen directamente (Frame 1999; Chevanan *et al.* 2007; Sørensen 2012). Pellets o extruidos de gran tamaño tienden a tener mayor peso, esto los hace susceptibles a resquebrajaduras provocando gran cantidad de finos o alimentos de menor tamaño que terminan siendo desechados por los animales (Frame 1999).

Una baja flotabilidad en los alimentos genera desperdicio de alimentos y una ineficiencia productiva traducida a pérdidas económicas. La sobredosificación puede darse al observar apetencia en los peces debido al poco aprovechamiento por la facilidad de hundimiento del alimento. La flotabilidad de los alimentos termina convirtiéndose en un fertilizante para la actividad biológica de los estanques, cuando la cantidad de alimento desperdiciado se vuelve mayor a la tasa de aprovechamiento se reduce la cantidad de oxígeno y alimento natural disponible (Vargas 2003).

Color. No se encontró diferencia en los valores L^* y b^* , ($P > 0.05$), en el Cuadro 10, los resultados indican que ambos tratamientos resultaron ser dietas de color oscuro o poca luminosidad y de color amarillo claro, según los ejes donde se encuentran los valores medidos. El valor a^* presentó una diferencia ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, indicando que el AT100 era más rojizo al momento de ser expuesto a los aceites esenciales. Sin embargo, los aceites esenciales eran de color verde claro, según sus características provistas por parte del fabricante. El error delta o “ ΔE ” resultó ser 0.36, indicando una diferencia de color entre las muestras apenas perceptible. Este método se utilizó para establecer una diferencia aritmética cuando el ojo humano no es capaz de percibir diferencias en color, se utilizó para comparar el extruido que se preparó (AT100) con un extruido ya existente comercialmente (Control).

Cuadro 10. Resultados de los ejes L*, a*, b* del color evaluado en tratamientos Control y AT100.

Tratamiento	L *n.s.	a*	b*n.s.
	Media ± DE	Media ± DE	Media ± DE
Control	23.86 ± 0.42	5.13 ± 0.09 ^b	8.70 ± 0.23
AT100	23.75 ± 0.34	5.47 ± 0.12 ^a	8.68 ± 0.17
Probabilidad	0.7683	0.0178	0.7571
Coeficiente de Variación (%)	1.79	1.05	0.76

DE: Desviación Estándar

^{n.s.} valores en la misma columna no presentan diferencia estadísticamente significativa

a, b, c = Medias seguidas de letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

$$\Delta E = ((23.75-23.86)^2 + (5.47-5.13)^2 + (8.68-8.70)^2)^{1/2}$$

$$\Delta E = 0.36$$

El color en el alimento de tilapia ha indicado ser un parámetro que afecta significativamente la tasa de crecimiento, alimentación y mortalidad, se ha comprobado que la tilapia es un cazador visual, este comportamiento varía según la etapa en que se encuentra. El experimento de El-Sayed *et al.* (2013), demostraron la preferencia por dietas de color oscuro (azul, café, verde y rojo oscuro) en comparación a las dietas de color claro (café y amarillo claro), que a su vez presentaron bajo desempeño en etapa inicial de alevines con peso similar a los alevines utilizados en este estudio de 0.01 g. A pesar de la poca información del efecto color del alimento en el rendimiento a una temprana etapa de la tilapia, el estudio también indicó que la preferencia de dietas color oscuro se debe al agudo contraste causado por el alimento y el ambiente, tanque o recipiente en el que se encuentran.

Análisis de textura. Se encontró diferencia ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. El Cuadro 11, muestra una fuerza de compresión en Newtons del doble para el tratamiento Control en comparación al AT100, indicando que se aplicó mayor fuerza de compresión en Newtons en el tratamiento Control para causar una fractura. Se observó que la adición de los aceites esenciales como cobertura en los extruidos, causaban una disminución en fracturabilidad cuando entraban en contacto con la sonda. La resistencia a la fractura disminuyó ya que aumentó la maleabilidad de los extruidos.

La dureza o resistencia a la fractura se define como la fuerza máxima necesaria para romper o aplastar un pellet (Thomas y van der Poel 1996), y por la naturaleza cilíndrica, el método utilizado para determinar dicha dureza es la compresión diametral (Hoyos *et al.* 2017). Este método imita la exposición a una fuerza externa, se utiliza para simular la trituración del pellet entre los dientes del animal y el resultado puede variar si no se cuenta con un método estandarizado, la posición del pellet antes de ser impactado por la sonda, los aditivos, sus ingredientes e incluso el procesamiento (Kaliyan y Vance Morey 2009). En los resultados obtenidos (Cuadro 10), el control requirió una fuerza de ruptura mayor y el AT100 requirió menor fuerza, ya que la cubierta de aceites que poseía transformó su textura a una más blanda. Hastings (1970), afirma que los niveles de inclusión de lípidos y aceites están

limitados debido a su efecto en la disminución de compresión y el exceso de lubricación en el extrusado, donde reduce la capacidad de aglomeración del alimento, aumentando fracturabilidad y disminuyendo capacidad flotante.

Cuadro 11. Resultados de compresión diametral evaluados en tratamientos Control y AT100.

Tratamiento	Compresión (Newtons)
	Media $\pm$ DE
Control	11.80 $\pm$ 1.73 ^a
AT100	6.76 $\pm$ 1.14 ^b
Probabilidad	0.0529
Coefficiente de variación (%)	4.75

DE: Desviación Estándar

a, b, c = Medias seguidas de letra diferente son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

El estudio realizado por Oehme *et al.* (2014), indica que alimentos de alta dureza disminuyen el consumo y la tasa de crecimiento. Experimentos contradictorios indican que la relación entre la dureza del alimento y alimentación varía según la especie (Baeverfjord *et al.* 2006; Glencross *et al.* 2011).

Diámetro medio. No se encontró diferencia ($P > 0.05$) en las medidas de diámetro medio de los tratamientos (Cuadro 12). El diámetro recomendado para tilapia en etapa de alevín es de 1-2 mm (FAO 2004a), lo que indicó que el diámetro de los extruidos utilizados no era el adecuado. La medición del diámetro medio se realizó debido a la forma natural del extruido, de igual manera, es necesario la recopilación de estos datos antes de realizar la compresión diametral. El valor diámetro medio es uno de los utilizados y clasifica el extruido según la categoría o etapa del animal donde es de mayor conveniencia el uso.

Cuadro 12. Resultados evaluados de diámetro medio en tratamientos Control y AT100.

Tratamiento	Diámetro Medio (mm) ^{n.s.}
	Media $\pm$ DE
Control	3.24 $\pm$ 0.22
AT100	3.27 $\pm$ 0.14
Probabilidad	0.7342
Coefficiente de variación (%)	5.09

DE: Desviación Estándar

^{n.s.} valores en la misma columna no presentan diferencia estadísticamente significativa.

El diámetro es un factor relacionado directamente con el número de pellets por gramo, a mayor tamaño del pellet, menor es la cantidad de partículas por gramo del alimento. Este dato resulta relevante ya que el pez consta de un tiempo limitado para localizar e ingerir el

alimento y al exceder el límite de partículas, el alimento no consumido se pierde y resulta en una reducción de eficiencia alimenticia. El suministro de mayor cantidad de pellets por gramo resulta en un menor gasto energético del pez por búsqueda de alimento y un crecimiento uniforme de los alevines (Toledo 1993).

Análisis químicos. Los resultados obtenidos cumplen con los parámetros establecidos para alimentos estándar formulados para consumo de tilapia (FAO 2004b). En el Cuadro 13, los porcentajes de humedad para los tratamientos Control y AT100 son <12%, que es lo requerido para alimentos extruidos, evitando que una humedad fuera de este rango propicie el crecimiento de hongos en el alimento y una acelerada desintegración antes de entrar en contacto con el agua al ser suministrados. La actividad de agua en el tratamiento AT100 fue mayor en comparación al Control, los aceites esenciales al ser aplicados como cobertura en el alimento, aumentó el agua libre disponible ya que los aceites no son hidrofóbicos en su totalidad. El porcentaje extracto etéreo para el Control, se encontró dentro del rango esperado (<8%).

Cuadro 13. Resultados de análisis químicos evaluados de los tratamientos Control y AT100.

Parámetros	Control	AT100
	Contenido $\pm$ DE	Contenido $\pm$ DE
Humedad (%)	10.08 $\pm$ 0.48	9.87 $\pm$ 0.42
Actividad de Agua	0.640 $\pm$ 0.0187	0.802 $\pm$ 0.0047
Extracto Etéreo (%)	4.10 $\pm$ 0.19	

DE: Desviación Estándar

La humedad óptima de los alimentos como en el caso de los pellets, es importante para evitar el crecimiento de hongos, también es causante indirecto para lograr una buena flotabilidad del alimento (Hardy y Tacon 2002; Gonzalez 2004). Por otro lado, mayor contenido de agua en el alimento acelera la desintegración de los pellets y la retención gastrointestinal; además, disminuye la durabilidad e incrementa la acumulación de residuos. La pérdida de alimento a causa de la desintegración reduce la ingesta y aprovechamiento del mismo (Kristiansen y Rankin 2001; Aas *et al.* 2011). El contenido de humedad, almidones y grasa tienen una importancia indirecta en parámetros como una buena flotabilidad debido a su efecto de aglomeración en los ingredientes y proceso (Frame 1999).

4. CONCLUSIONES

- Los aceites esenciales no tuvieron un efecto significativo en el rendimiento sobre los parámetros productivos de los alevines.
- Los parámetros físico-químicos del alimento se mantuvieron dentro de los estándares de calidad establecidos.
- Los aceites esenciales tuvieron un efecto significativo en los parámetros de textura y color.
- Los aceites esenciales prolongaron el tiempo de flotabilidad del alimento.
- El error delta (ΔE) indicó un cambio de color apenas perceptible entre los tratamientos Control y alimento comercial de tilapia con la dosis máxima de aceites esenciales (AT100).

5. RECOMENDACIONES

- Establecer una nueva dosis de aceites esenciales y evaluar el efecto sobre el rendimiento productivo de alevines de tilapia.
- Establecer un método estandarizado el cual permita la inclusión de los aceites esenciales en las dietas de manera homogénea para garantizar uniformidad de la mezcla final.
- Realizar análisis físicos-químicos de índice de solubilidad en agua (ISA), índice de absorción de agua (IAA), Estabilidad Oxidativa, Extracto Etéreo y Poder Calórico en el tratamiento con aceites esenciales.
- Evaluar el efecto de los aceites esenciales en las propiedades sensoriales y microbiológicas del pescado.

6. LITERATURA CITADA

Aarseth KA, Sørensen M, Storebakken T. 2006. Effects of red yeast inclusions in diets for salmonids and extrusion temperature on pellet tensile strength: Weibull analysis. *Animal Feed Sci. Technol.* 126(1-2):75–91 p. doi:10.1016/j.anifeedsci.2005.06.005.

Aas TS, Oehme M, Sørensen M, He G, Lygren I, Åsgård T. 2011. Analysis of pellet degradation of extruded high energy fish feeds with different physical qualities in a pneumatic feeding system. *Aquac. Eng.* 44(1):25–34 p.

Alcantar JP, Santos Santos C, Moreno de la Torre R, Estrada CA. 2014. Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidad del Papaloapan-Oaxaca, Mexico. ISBN: 9786079642808; [consultado el 2018 sep 10].

AOCS (American Oil Chemists Society) 1998. Official methods and recommended practices of the AOCS. 5th edition. Champaign, Ill.: American Oil Chemists Society. ISBN: 0935315977; [consultado el 2018 nov 28]. https://books.google.hn/books/about/Official_Methods_and_Recommended_Practic.html?id=ytoHQwAACAAJ&redir_esc=y.

Baeverfjord G, Refstie S, Krojedal P, Asgard T. 2006. Low feed pellet water stability and fluctuating water salinity cause separation and accumulation of dietary oil in the stomach of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac.* 261(4): 1335–1345 p. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.08.033.

Berman A. 2007. Optimización del proceso de extrusión para la elaboración de pelets para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Zamorano. [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. p. 9.

Campagnolo R, Freccia A, Bergmann RR, Meurer F, Bombardelli RA. 2013. Essential oils in Nile tilapia fingerlings fed. *Rev. Brasileira Saúde Prod. A.* 14(3):565–573 p. doi:10.1590/S1519-99402013000300020.

Chevanan N, Muthukumarappan K, Rosentrater KA, Julson JL. 2007. Effect of Diet Dimensions on Extrusion Processing Parameters and Properties of DDGS-Based Aquaculture Feeds. *Cereal Chem. J.* 84(4):389–398 p. doi:10.1094/CCEM-84-4-0389.

Cunniff P. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th edition, 2016. Gaithersburg, Md.: AOAC International. 2 volumes (loose-leaf). ISBN: 0935584870.

El-Sayed A-FM, El-Ghobashy AE, El-Mezayen MM. 2013. Effect of feed colour on growth and feed utilization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. *Aquac. Nutr.* 19(6):870–876. en. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/anu.12031>. doi:10.1111/anu.12031.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2003. Acuicultura: principales conceptos y definiciones; [consultado el 2018 sep 9]. <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2004a. FAO: Tilapia del Nilo. Aquaculture Service of the FAO Fisheries and Aquaculture Department. Roma (Italia). [consultado el 2018 oct 6]. <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/tilapia-del-nilo-pagina-principal/es/>.

FAO (Food and Agriculture Organization) 2004b. Feed and Feed Ingredient Standards. Aquaculture Service of the FAO Fisheries and Aquaculture Department. Roma (Italia). [consultado el 2018 oct 7]. <http://www.fao.org/fishery/affris/feed-and-feed-ingredient-standards/es/>.

Frame ND, editor. 1999. The Technology of Extrusion Cooking: Pet and aquatic feed production: Process description. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers. 253 p. ISBN: 0834213400. eng; [consultado el 2018 oct 9].

Freccia A, Sousa SMdN, Meurer F, Butzge AJ, Mewes JK, Bombardelli RA. 2014. Essential oils in the initial phase of broodstock diets of Nile tilapia. *R. Bras. Zootec.* 43(1):1–7. doi:10.1590/S1516-35982014000100001.

Gabor EF, Sara A, Barbu A. 2010. The Effects of Some Phytoadditives on Growth, Health and Meat Quality on Different Species of Fish. *Scientific Papers: Anim. Sci. Biotech.* [consultado el 2018 sep 26]. (43). https://www.researchgate.net/publication/267969808_The_Effects_of_Some_Phytoadditives_on_Growth_Health_and_Meat_Quality_on_Different_Species_of_Fish.

Glencross B, Rutherford N, Jones B. 2011. Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquac. Nutr.* 17(3): e722-e732 p. en. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2095.2010.00834.x>. doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00834.x.

Gonzalez D. 2004. Alimentos para acuicultura: producción y calidad. Costa Rica: CONUPRA, S.A; [consultado el 2018 oct 7]. 7 p. http://www.ciabcr.com/charlas/jornadaacuicola/6_Alimentos_para_Acuicultura.pdf.

Guerrero JA. 2014. Cálculo de ración alimeticia para tilapia; [consultado el 2018 sep 21]. <http://pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/3657>

Hardy RW, Tacon AGJ. 2002. Fish meal: historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. ResearchGate; [consultado el 2018 oct 7]. 311–325. doi:10.1079/9780851996042.0311.

Hastings WH. 1970. Study of pelleted fish foods stability in water. Fish Feed Technology and Nutrition; [consultado el 2018 oct 10]. 7–19 p.

Hoyos JL, Villada HS, Fernández A, Ortega-Toro R. 2017. Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para Peces. Inf. Tecnol. 28(5):101–114 p. doi:10.4067/S0718-07642017000500012.

HunterLab. 2008. Hunter L, a, b Color Scale; [consultado el 2018 oct 16]. 8(9) p. <https://www.hunterlab.se/wp-content/uploads/2012/11/Hunter-L-a-b.pdf>.

ISO (International Organization for Standardization) 1992. Determination of bulk density (tapped); [consultado el 2018 nov 28]. 3:4 p. <https://www.iso.org/standard/11319.html>.

ISO (International Organization for Standardization) 2004. Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints; [consultado el 2018 nov 28]. 2:25 p. <https://www.iso.org/standard/37880.html>.

Kaliyan N, Vance Morey R. 2009. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. Biomass Bioenerg. 33(3):337–359 p; [consultado el 2018 oct 10]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953408002146>. doi:10.1016/j.biombioe.2008.08.005.

Kristiansen HR, Rankin JC. 2001. Discrimination between endogenous and exogenous water sources in juvenile rainbow trout fed extruded dry feed. Aquat. Living Resour. 14(6):359–366 p. doi:10.1016/S0990-7440(01)01131-7.

Latimer G. 2012. Official methods of analysis of AOAC International: 2012. 19th ed. Arlington, Va.: AOAC International. 2 vol. (vol. 1). ISBN: 0935584838; [consultado el 2018 nov 28].

Marcillo TG. 2017. Uso de *Bacillus subtilis* y *Rhodotorula sp.* como promotores de crecimiento en alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. p. 5-8.

Moreno JM, Muñoz AP, Wills GA. 2013. Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica – *Oreochromis Niloticus*– cultivada en jaulas flotantes. Revista de la Facultad de Medicina Vet. Zootec. 60(2):100–111 p.

Morris P. 2007. Los efectos de la sustitución del aceite de pescado en la salud de pescado de crianza. Rev. Skretting Info. España. 10–12 p.

Oehme M, Aas TS, Olsen HJ, Sørensen M, Hillestad M, Li Y, Åsgård T. 2014. Effects of dietary moisture content of extruded diets on physical feed quality and nutritional response in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquac. Nutr.* 20(4):451–465 p.

Pallares PH, Borbor WJ. 2012. Efectos del ácido omega 3 y la combinación omega 3 - omega 6 en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la finca "El Porvenir". Santo Domingo, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército. spa. [consultado el 2018 sep 15]. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/5598/1/T-%20ESPE-IASA%20II002459.pdf>.

Rattanachaikunsopon P, Phumkhachorn P. 2009. Protective effect of clove oil-supplemented fish diets on experimental *Lactococcus garvieae* infection in tilapia. *Biosci Biotech. Biochem.* 73(9):2085–2089 p. eng. doi:10.1271/bbb.90294.

Salazar CG, Flores CP. 2015. Evaluación de los parametros de crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales: cúrcuma (*Curcuma longa*) y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*). Universidad Politécnica Salesiana sede Quito-Ecuador. 94 p; [consultado el 2018 sep 18]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8736/1/UPS-QT06658.pdf>.

Salinas SA. 2017. Desarrollo de un snack a base de harinas de frijol biofortificado Honduras Nutritivo (*Phaseolus vulgaris*) y maíz nixtamalizado (*Zea mays*) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. p. 6.

Shalaby AM, Khattab YA, Abdel Rahman AM. 2006. Effects of Garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.* 12(2). doi:10.1590/S1678-91992006000200003.

Sørensen M. 2012. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. *Aquac. Nutr.* 18(3):233–248 p. doi:10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x.

Thomas M, van der Poel AFB. 1996. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61(1-4):89–112 p. doi:10.1016/0377-8401(96)00949-2; [consultado el 2018 oct 10].

Toledo DMI. 1993. Determinacion de indices de calidad física de alimentos para peces. Curso Regional teórico demostrativo de capacitación en control de calidad de insumos y dietas acuícolas; Santiago de Chile, Chile.

Triana-García PA, Gutierrez-Espinosa MC, Eslava-Mocha PR. 2013. Productive performance and fatty liver in hybrids of red tilapia (*Oreochromis spp.*): Effects of two dietary lipid sources. *Orinoquia.* 17(2):183–196 p.

Valladão GMR, Gallani SU, Pala G, Jesus RB, Kotzent S, Costa JC, Silva TFA, Pilarski F. 2017. Practical diets with essential oils of plants activate the complement system and alter the intestinal morphology of Nile tilapia. *Aquac Res.* 48(11):5640–5649 p. doi:10.1111/are.13386.

Vargas R. 2003. Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de alimentos piscícolas. *Agronomía Mesoamericana*; [consultado el 2018 oct 10]. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012038036>

7. ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje de alimentación, FAO.

Peso en gramos	%Ración alimento
1-14	10
15-20	6
21-34	5
35-44	4
45-54	3
55-229	2.5
230-330	2
331-380	1.9
381-432	1.8
433-516	1.6

Ejemplo: Semana 1

6000 peces, peso promedio de 0.20 g = 10% ración de alimento.

$6000 \times 0.20 \text{ g} = 1200 \text{ g}$

$1200 \text{ g} \times 10\% = 120 \text{ g de alimento al día}$

Anexo 2. Perfil de Ácidos Grasos, MixOil®.

	Análisis	Promedio	Ustd	%CV
	TOTAL GRASA SATURADA	54.73	5.03	9.20
09:0	ÁCIDO NONANOICO (PELARGÓNICO)	1.21	0.801795514	66.24181208
10:0	ÁCIDO DECANOICO (CÁPRICO)	0.98	0.737176178	75.57187682
11:0	ÁCIDO UNDECANOICO (UNDECÍLICO)	0.94	0.258477342	27.50422127
12:0	ÁCIDO DODECANOICO (LÁURICO)	0.21	0.294404792	141.4213562
13:0	ÁCIDO TRIDECANOICO (TRIDECÍLICO)	5.09	3.51115081	68.92155149
14:0	ÁCIDO TETRADECANOICO (MIRÍSTICO)	1.06	0.21756762	20.48
16:0	ÁCIDO HEXADECANOICO (PALMÍTICO)	24.26	7.182109918	29.61
18:0	ÁCIDO OCTADECANOICO (ESTEÁRICO)	5.98	1.179471871	19.73
19:0	ÁCIDO NONADECANOICO (NONDECÍLICO)	0.32	0.454989223	141.4213562
20:0	ÁCIDO EICOSANOICO (ARAQUÍDICO)	4.77	6.744546134	141.4213562
22:0	ÁCIDO DOCOSANOICO (BEHÉNICO)	8.39	5.866063667	69.94111688
24:0	ÁCIDO TETRACOSANOICO (LIGNOCÉRICO)	1.53	0.571208888	37.42073742
	TOTAL GRASA MONOINSATURADA	42.00	0.40	0.96
12:1 cis-11	ÁCIDO DODECENOICO	10.52	7.219214086	68.64118497
18:1n9c cis-9	ÁCIDO OCTADECENOICO (OLEICO)	18.15	25.66674501	141.42
18:1 cis-11	ÁCIDO OCTADECENOICO (VACCÉNICO)	13.33	18.85177106	141.42
	TOTAL GRASA POLIINSATURADA	3.27	4.63	141.42
18:2n6 cis - 9,12	ÁCIDO OCTADECADIENOICO (LINOLEICO)	3.27	4.63	141.42
	Total área	100.00		

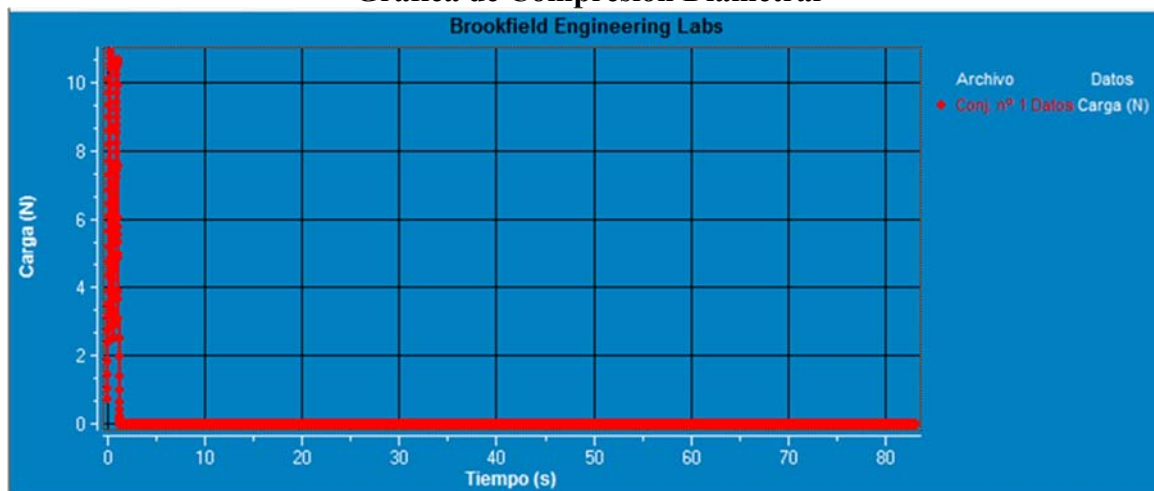
Anexo 3. Dosificación de MixOil® según ración alimenticia.

Tratamientos con MixOil®.
Dosis máxima: 200 ml / 1 TM alimento
75%: 150 ml / 1TM alimento
50%: 100 ml / 1TM alimento
Ración alimenticia: 11.3 kg

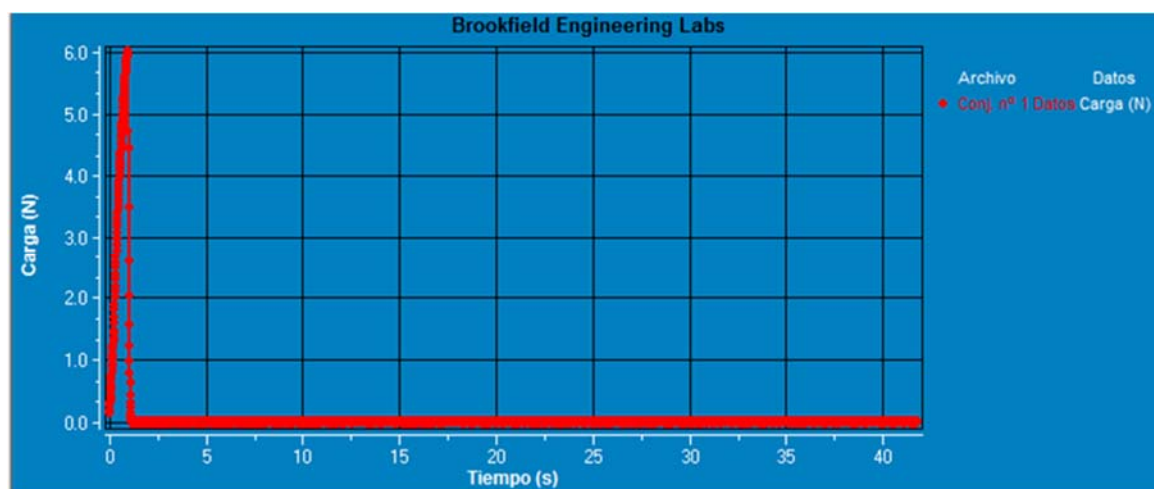
Porcentaje de MixOil®	Dosis (ml)	Agua (ml)
100%	2.3	200
75%	1.7	200
50%	1.1	200

Anexo 4. Compresión diametral expresada en newtons.

Grafica de Compresión Diametral



Control: 10.876 Newtons



AT100: 6.021 Newtons