



## INCLUSION DE ACEITE DE LINAZA EN UN ALIMENTO COMERCIAL SUMINISTRADO A *Eugerres plumieri*

## INCLUSION OF LINSEED OIL IN A COMMERCIAL FOOD SUPPLIED TO *Eugerres plumieri*

Sandra M. Cerón-Benavides <sup>a</sup>, Esp. <https://orcid.org/0000-0001-7607-7731>  
 Javier Gómez-León <sup>b</sup>, Ph.D. <https://orcid.org/0000-0001-5015-7071>  
 Marco A. Imués Figueroa <sup>c</sup>, MSc. <https://orcid.org/0000-0002-7607-540X>  
 Marisol Santos-Acevedo <sup>d</sup>, MSc. <https://orcid.org/0000-0003-2103-1108>

<sup>a</sup> Ingeniera en Producción Acuícola, Esp. Estadística Aplicada, Docente, Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [samilbnvds@gmail.com](mailto:samilbnvds@gmail.com)

<sup>b</sup> Biólogo Marino, Doctor en Ciencias Biológicas, Investigador del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Santa Marta, Colombia. [javier.gomez@invemar.org.co](mailto:javier.gomez@invemar.org.co)

<sup>c</sup> Zootecnista, Máster en Acuicultura, Docente-Investigador, Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. [marcoi@udenar.edu.co](mailto:marcoi@udenar.edu.co)

<sup>d</sup> Bióloga, Máster en Ciencias y Tecnologías del Mar, Docente-Investigadora Universidad de La Guajira, Riohacha, Colombia. [msantosa@uniguajira.edu.co](mailto:msantosa@uniguajira.edu.co)

Recibido: 27-03-2021

Aceptado: 19-07-2021

### RESUMEN

La mojarra rayada es una de las especies de mayor importancia comercial en la Ciénaga Grande de Santa Marta –CGSM, conscientes de su importancia económica y de las problemáticas que enfrenta la especie en cuestión, se consideró determinar el efecto de suministrar un alimento comercial con inclusión del aceite de linaza en el crecimiento y composición bioquímica de *Eugerres plumieri*; para ello se realizó un ensayo de alimentación con tres tratamientos, en el que se evaluó el efecto del pellet comercial con previa modificación de su flotabilidad, e incorporaciones de aceite de linaza a dicho concentrado en proporciones de 5 y 10%. Se pudo determinar que no se presentaron diferencias significativas entre las medias de los tres tratamientos en cuanto a tasa de crecimiento, factor de conversión y composición bioquímica del ejemplar. Por los resultados de los experimentos, se concluye que, la especie presenta alta supervivencia (>90%), rápida adaptabilidad a cautiverio y altos niveles de lípidos (12%) y proteína (61%). Por lo tanto, se recomienda su cultivo y la necesidad de continuar con su estudio, especificando, óptimas densidades de siembra, requerimientos nutricionales de la especie, el perfil de ácidos grasos en su dieta y filete acorde con cada etapa de vida.

**Palabras clave:** Composición aproximada, alimentación de peces, aceite de linaza

### ABSTRACT

The *Eugerres plumieri* is one of the most commercially significant species in the Ciénaga Grande of Santa Marta – CGSM. Aware of its economic importance as well as the problems confronted by the species in question, it was considered to determine the effects of supplying commercial food with the

inclusion of linseed oil in its growth and biochemical composition of *Eugerres plumieri*; to that end, a feeding test with three treatments was carried out. In such a test, the effect of the commercial pellets with a previously modified buoyancy was measured as well as the incorporation of linseed oil in proportions of 5 and 10%. It was determined that there were no significant differences among the means of the three treatments in terms of growth rate, conversion factor and biochemical composition of the specimen. Based on the results of the experiments, it was concluded that the species shows a high survival rate (> 90%), easy adaptability to captivity, and high levels of lipids (12%) and protein (61%). Therefore, the farming and the need to continue with the study of this specie is recommended by specifying optimal farming densities, nutritional requirements of the specie, the fatty acids profile in its diet and the fillet in keeping with each life stage.

**Key words:** Biochemical analysis, aquaculture feeds, linseed oil.

## INTRODUCCIÓN

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es un área de alto interés social y económico, su actividad pesquera suple gran parte del mercado del norte de Colombia y la extracción de especies como mojarra rayada *Eugerres plumieri* junto con *Mugil incilis* y *Cathorops mapale* ha presentado descenso desde el año 2000, con mayor afectación en la captura de *E. plumieri*, cuya pesca pasó a menos del 1% con respecto al total <sup>[1]</sup>.

Lo anterior origina la preocupación local, primero por la disminución en los ingresos de los pescadores, dado que es una de las especies de mejor precio en el mercado y por la afectación ecológica en el ecosistema, al alterarse la estructura de la comunidad.

Esta especie registra una talla máxima de 40 cm con peso de 600 g <sup>[2]</sup> y se ha estimado una longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) para la CGSM de 41,9 cm con una talla media de madurez de 20 cm <sup>[3]</sup>. Su distribución va desde el Atlántico occidental: Carolina del Sur a Florida occidental, EE.UU., y todo el golfo de México a Brasil; ausente de Bahamas y otras pequeñas islas en las Antillas <sup>[2]</sup>.

Aunque esta especie es altamente apetecida en el sector costero por su buen sabor <sup>[4]</sup>, a pesar de su importancia económica, no existen estudios en Colombia relacionados con su

cultivo en condiciones controladas, encontrándose solo unos pocos enfocados a la inducción al desove <sup>[5]</sup> y evaluación de su composición lipídica <sup>[6]</sup>.

Adicional a lo anterior, los lípidos o grasas en la composición del alimento influyen en el metabolismo, crecimiento y bienestar de los animales <sup>[7]</sup>, <sup>[8]</sup>, en los peces por ejemplo, aquellas grasas extraídas y que hacen parte de la dieta son la principal fuente de energía para su crecimiento e influyen en la composición de sus tejidos, además algunas se pueden considerar como alternativas sostenibles al aceite de pescado <sup>[7]</sup>.

Es importante el estudio de diferentes grasas en la inclusión de alimento en peces y más aún en especies marinas, ya que de acuerdo con Castro et al <sup>[6]</sup> estas son incapaces de convertir algunos ácidos grasos (AG) poliinsaturados tales como C20:5n-3 (EPA, ácido eicosapentaenoico) y C22:6n-3 (DHA, ácido docosahexaenoico) a partir de AG de cadena corta (ácido linolénico, por ejemplo), por lo que dependen exclusivamente de fuentes externas (alimento).

Todo lo mencionado motivó el estudio en laboratorio del efecto de un pienso comercial con inclusión de diferentes niveles de aceite de linaza en la alimentación de juveniles de mojarra rayada *E. plumieri*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de mojarra rayada se capturaron con atarraya por pescadores en la zona de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) - sector Boca de La Barra y se transportaron en tanques de 110 L con aeración constante y/o oxigenación pura al laboratorio de Bioprospección Marina del Invemar (LabBIM) ubicado en Santa Marta-Colombia, se evitó el incremento de temperatura (>31°C) con botellas de agua congelada en cada uno de los tanques.

El LabBIM al contar con un sistema de recirculación cerrado, opero de manera controlada diferentes sistemas de cultivo, por lo tanto, el proceso de aclimatación se facilitó al llevar los niveles de oxígeno disuelto, de temperatura y de salinidad hasta el valor con que se trabajaba en el sistema de recirculación [9].

El mantenimiento y el sistema de cuarentena estuvieron conformados por un acuario y 4 tanques cilindro-cónicos con capacidad efectiva de 490 L de agua de mar preparada en cada uno, estas unidades contaron con aeración permanente, con una malla para evitar que los ejemplares saltaran y con un sistema de recirculación por bombeo para trasladar el agua entre los tanques y el reservorio, el sistema de cuarentena fue el único que se independizó del de recirculación.

Diariamente se monitoreo parámetros fisicoquímicos y se utilizó el método de sifón para retirar material de desecho, en cuarentena se realizaron recambios del 20% llevando a cabo un proceso de deoloración con cloro al 5% más aeración al agua retirada [10], después de cinco días se devolvió al sistema.

La alimentación se realizó de forma secuencial, iniciando con *Artemia franciscana*, Tetramarin® granulado y finalmente con balanceado Itacol® mojarra 34, modificando previamente su flotabilidad sin alterar la

composición del pellet [11], de esta forma el alimento descendió lentamente y permaneció en la columna de agua lo suficiente para que las mojarras lo atraparan.

### **Inclusión de aceite de linaza sobre un alimento comercial**

Italcol® mojarra 34 fue el concentrado comercial seleccionado, el cual tiene una composición nutricional específica en cuanto a proteína (34%), grasa (6%), fibra (6%) humedad (12%) y cenizas (12%) [12], como fuente lipídica de origen vegetal se seleccionó el aceite de linaza Bio-essens® cuyo contenido es principalmente omega tres (55%), seis (15%) y nueve (20%) [13].

Previo a la inclusión del aceite, el balanceado fue hidratado con 1,5 L de agua de mar filtrada e irradiada con UV por cada 2 kg de concentrado, luego se agregó por cada gramo de alimento la cantidad del óleo correspondiente a cada tratamiento, 0,053 g para 5% de aceite y 0,11 g para el 10%, se homogenizó y se dejó reposar por una hora.

Cada mezcla pasó dos veces por un molino de carne para sacar tiras, las cuales posteriormente se cortaron en pequeños trozos formando los pellets, estos fueron colocados en bandejas de aluminio y llevados al horno a 60°C durante nueve horas; transcurrido el tiempo los pellets estuvieron listos para suministrar, se almacenaron en bolsas ziploc previamente rotuladas a -20°C [14].

### **Diseño experimental**

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar con submuestreo, donde fueron evaluados tres tratamientos con diferente porcentaje de inclusión de aceite de linaza en el alimento comercial, cada uno con cinco replicas representadas por un ejemplar de *E. plumieri* con pesos entre los 116,6±31,71 g

y un acuario de 90 L de capacidad total como unidad experimental.

Los tratamientos y sus porcentajes de inclusión fueron:

Tratamiento 1 (T1): 0% de aceite  
Tratamiento 2 (T2): 5% de aceite  
Tratamiento 3 (T3): 10% de aceite.

**Ensayo de alimentación.** El ensayo consistió por 138 días en suministrar dos veces al día y ad libitum el tratamiento correspondiente a cada replica, se registró el peso del alimento después de su suministro para determinar la cantidad consumida y se realizó seguimiento a los parámetros de oxígeno, pH, salinidad y temperatura con el fin de mantenerlos lo más estables posibles.

Diariamente a cada acuario se utilizó el método de sifón para retirar material de desecho y el agua extraída se decantó en baldes de 20 L, se pasó por un filtro (250  $\mu\text{m}$ ) y guata descartando el material de fondo, posteriormente el agua filtrada se devolvió al sistema.

Los pesajes se realizaron con intervalos de  $\pm 20$  días, y para ello se tuvo en cuenta la metodología de Arévalo-Ibarra et al <sup>[14]</sup>, se utilizó una balanza analítica OHAUS® (0,01 g de sensibilidad) y paños absorbentes anterior al pesaje de cada ejemplar para retirar el exceso de humedad, se realizó de forma individual sobre un recipiente de plástico y el paño absorbente previamente tarado en la balanza.

**Análisis bromatológico.** Se desarrolló el respectivo análisis a diferentes muestras, entre ellas al concentrado comercial sin modificación de su flotabilidad, a los ejemplares de la Ciénaga Grande de Santa Marta con pesos entre 128 a 136 g, a los tres tratamientos y a los 15 ejemplares que se utilizaron para el ensayo de alimentación.

Las mojarras que sobrevivieron hasta el final del experimento fueron sacrificadas suministrando un exceso de benzocaína a razón de 6,25 g/L, cada una fue pesada y medida, posteriormente se les realizó una incisión ventral para evitar que los gases acumulados causaran pérdidas de muestra.

Se realizó la determinación de humedad, llevando las muestras al horno a 105°C <sup>[15]</sup>, <sup>[16]</sup>, <sup>[17]</sup>, por 72 h aproximadamente, se extrajeron y se ubicaron en un desecador con silica gel y una bomba de vacío, en donde se mantuvo la muestra para obtener su peso seco, frío y sin humedad del ambiente.

Terminado el anterior proceso, las muestras fueron molidas para determinar cenizas por el método de calcinación a 550°C <sup>[17]</sup>, <sup>[18]</sup>, <sup>[19]</sup> por aproximadamente seis y media horas. Las muestras correspondientes a cada tratamiento y ejemplar para los respectivos análisis de proteína y lípidos fueron enviadas al laboratorio de la Universidad de Antioquia.

### **Análisis estadístico de los datos**

Al finalizar el ensayo de alimentación se calcularon variables como la Tasa específica de crecimiento (TEC), el Factor de conversión (FCA) y el porcentaje de supervivencia, lo anterior con base al alimento consumido, peso, talla y número de organismos vivos registrados por día y muestreo.

Teniendo en cuenta que el ensayo estuvo encaminado a encontrar el mejor tratamiento en cuanto a ganancia de peso, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, asumiendo un  $\alpha = 0,05$  con la tasa específica de crecimiento en base peso y el factor de conversión alimenticia, de esta manera se verificó la existencia de diferencias significativas entre tratamientos y replicas.

Previo al análisis se efectuó un estudio de datos atípicos e influyentes con lo cual se pudo depurar la base de datos para asegurar la

veracidad de los mismos y posteriormente se verificaron los supuestos estadísticos, con las pruebas de Chi-cuadrado y Shapiro-Wilk para distribución normal <sup>[20]</sup>, <sup>[21]</sup>, <sup>[22]</sup>, la prueba de Chocran para homogeneidad de varianzas <sup>[23]</sup> y Durbin-Watson para independencia <sup>[24]</sup>.

En el análisis bromatológico se determinó humedad (una sola vez por replica y/o ejemplar), ceniza, proteína y lípidos totales (por triplicado por replica y/o ejemplar), por lo que se determinó la existencia o no de diferencias significativas con un análisis de

varianza simple ANOVA, de un diseño experimental completamente al azar con submuestreo para los ejemplares del laboratorio y una prueba de Fisher más t-student para las variables arrojadas por los ejemplares de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Se asumió un  $\alpha = 0,05$  y para el análisis estadístico los niveles de las variables bromatológicas como un índice con cinco decimales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posterior a la colecta, el proceso de transporte se caracterizó por mantener valores de oxígeno disuelto mayores a 5 mg/L, pH promedio de 8,00 y temperaturas de 28 a 31°C. La salinidad presentó variaciones entre 12,94 y 36,9 en las diferentes fechas de recolección por lo que siempre estuvo sujeta a la presentada en la CGSM durante cada captura.

El proceso de aclimatación para oxígeno disuelto (>5 mg/L) y temperatura (29°C) demandó  $\pm$  4 h. Sin embargo, la salinidad fue el parámetro más crítico, conllevó a mortalidades de hasta del 61% cuando la diferencia era de hasta 14 partes cuando se modificaba en un periodo igual o menor a 8 horas, por lo anterior se decidió alcanzar lentamente el valor con que se trabajaba en el sistema de recirculación (34-36) <sup>[9]</sup> en un periodo de hasta dos semanas.

El proceso de transporte y aclimatación se pudo mejorar con cada nueva captura, reduciendo la mortalidad al 15%, este porcentaje se atribuyó principalmente a enfermedades producto del estrés normal de la colecta, transporte y manipulación de los animales.

En laboratorio, las mojarra se mantuvieron en las unidades de 490 L durante aproximadamente tres meses antes de iniciar el

ensayo de alimentación, se presentó alta aceptación de alimento peletizado sin mortalidad, por lo que se tomó como indicador de bienestar y adecuada adaptación al cautiverio.

### Ensayo de alimentación

El ensayo tuvo una duración de 138 días durante los cuales se obtuvieron datos correspondientes a ocho muestreos y se apreció consumo de alimento desde el segundo y tercer día post-siembra.

La tasa de crecimiento más alta en base talla y entre replicas la presentó el primer tratamiento con 0% de aceite (0,002/día), con un aporte notorio de la segunda replica (0,00057/día), valor similar a la registrado en el medio natural para *E. plumieri* con 0,78/año <sup>[25]</sup> es decir; 0,002/día, posiblemente este resultado podría aumentar con un adecuado porcentaje de proteína en la dieta o de otros nutrientes en el concentrado, el estrés del cautiverio y las temporadas de inapetencia son variables que pudieron influir en el resultado.

El tratamiento 2 con 5% de aceite arrojó el mayor incremento de peso con respecto a los dos restantes con  $10,48 \pm 25$  g, y, por ende, la mayor tasa de crecimiento en base peso durante el periodo de estudio, con una media entre

réplicas de 0,007 g/día o 0,072% junto con la menor cantidad de alimento consumido (2,96 kg), mas, sin embargo, la tasa es baja con respecto a lo generado para algunas especies de peces marinos [26] y de agua dulce [27]. Se puede discutir lo mismo para los demás tratamientos, aunque estos en comparación con el T2 presentaron las tasas más bajas, de 0,0001 g/día para el T3 (10% de aceite) con la mayor cantidad de alimento consumido (3,34 kg) seguida del tratamiento sin oleo (T1) con 0,003 g/día (Figura 1).

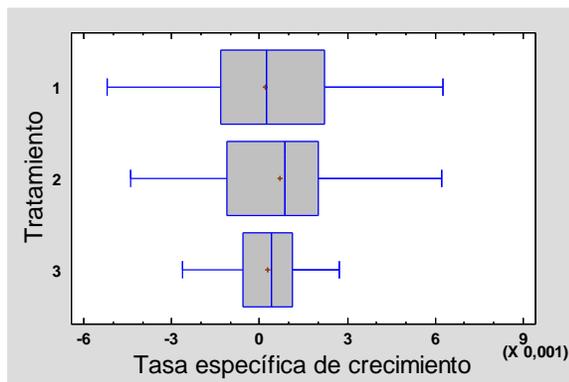


Figura 1. Tasa específica de crecimiento en base peso para *E. plumieri*.

Los factores de conversión alimenticia generaron una media aproximada de 8 para el T1 (0%), de 10 para T2 (5%) y de 12 para el T3 (10%) (Figura 2), los valores arrojados por los dos primeros tratamientos están dentro de lo descubierto para algunas especies marinas (0,94 a 9,53) [26], [28], [29], mas, sin embargo, no dejan de ser altos y de exponer una tendencia similar a la reportada por Glencross et al [30], donde los factores de conversión aumentaron a medida que la inclusión del tipo de aceite también lo hacía, es decir; la ingesta voluntaria de los alimentos posiblemente pueda estar influenciada por el nivel de inclusión de lípidos.

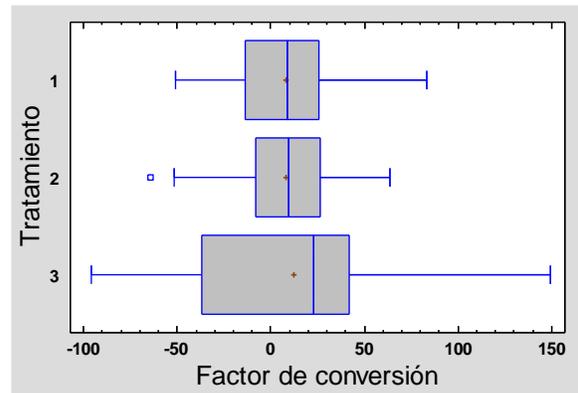


Figura 2. Factor de conversión alimenticia en *E. plumieri*.

De acuerdo con lo anterior, el factor de conversión alimenticia al igual que la tasa de crecimiento, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos ( $P = 0,90$  y  $0,78$  respectivamente), la validez de los resultados se soportan con la comprobación de los supuestos, aunque la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Cochran genero un P-valor = 0,000005, es decir, menor a 0,05, lo cual pudo deberse a que la depuración de datos atípicos no mantuvo igual el número de réplicas en cada uno de los muestreos.

Es relevante mencionar, que las mojarra, a pesar de ser alimentadas y manipuladas con sumo cuidado, manifestaron un comportamiento nervioso en los acuarios, ocasionando una inapetencia parcial o total por días y/o semanas, esto altero el peso por cada muestreo y por ende las variables de crecimiento. Lo obtenido es coherente si empezamos a relacionar la etapa de vida de la especie (juveniles de *E. plumieri*) con el volumen en el que se mantuvieron (90 L), y el crecimiento al modo en que los organismos se relacionaron con su medio [27], [31]. Similar a lo observado por Anguas et al [32] en el presente experimento existió una tendencia a disminuir el consumo de alimento de acuerdo a la densidad de siembra por el comportamiento

que los ejemplares presentaron en cada unidad experimental.

Por ejemplo, algunas mojarra mostraron incrementos en el segundo y tercer muestreo con respecto al inicial, pero a partir de ahí se vieron afectados. En la primera réplica del tratamiento sin adición de aceite (T1R1) el animal dejó de consumir alimento por completo, pasando de los 82,76 a los 61,12 g y falleciendo a los 60 días, durante tres meses en la segunda réplica del primer y segundo tratamiento los ejemplares no aceptaron alimento en una de las dos alimentaciones diarias, en la primera réplica del T2 (5%), en la segunda del T3 (10%), en tercera de T2 y T3, en la cuarta de los tres tratamientos y en la quinta réplica del primer y segundo tratamiento la inapetencia fue durante un mes.

### Análisis bromatológicos

La composición nutricional presentada por el concentrado Itacol® mojarra 34 fue inestable comparado con lo obtenido en los análisis bromatológicos del LabBIM y del laboratorio de la Universidad de Antioquia, los niveles de ceniza y grasa de este alimento estuvieron un 2,0 y 2,6% por debajo y la proteína un 3% por encima de lo que publica la empresa distribuidora (Figura 3).

Por lo tanto, en el presente estudio la discusión respecto al alimento tiene como referencia el resultado bromatológico encontrado y no la composición nutricional proporcionada por la empresa fabricante y distribuidora Itacol®. Se tomó al tratamiento sin aceite (T1) como el control por no contener inclusión de aceite de linaza y, a excepción de su flotabilidad y humedad, las demás características nutricionales mantuvieron el porcentaje ofrecido por la empresa de alimentos concentrados.

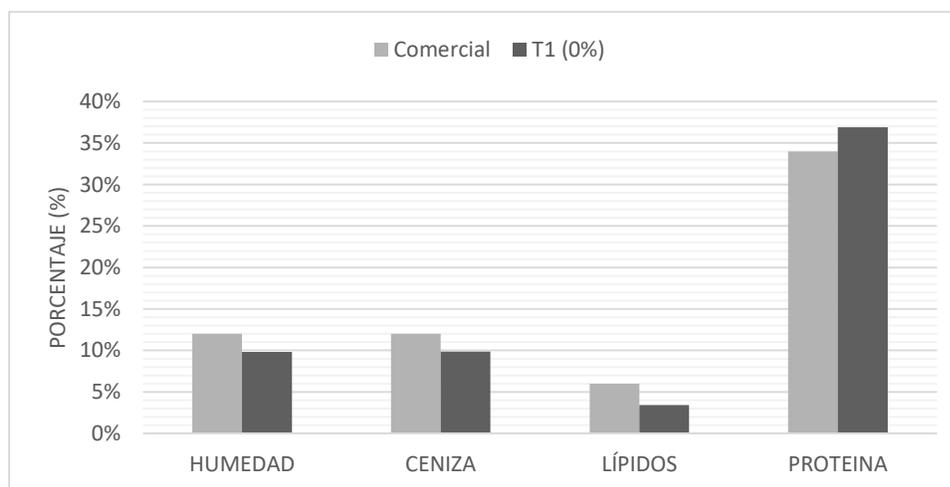


Figura 3. Composición química del alimento balanceado presentado por la empresa fabricante (comercial) y el laboratorio de la Universidad de Antioquia y LabBIM (T1).

Los tratamientos utilizados, incluyendo el T1 con 0% de lípidos presentaron una disminución de la humedad a medida que se incrementó el porcentaje de inclusión, estuvieron conformadas por el concentrado

comercial, pero con una modificación en su flotabilidad, por lo que al realizar el proceso de secado se alteró el porcentaje normal en un 2,20% para el T1, con una humedad del 6,10 para el T2 y del 3,88% para el T3 (Figura 4).

En los análisis bromatológicos, el alimento presentó un porcentaje de humedad menor al 10%, con lo que se lo pudo catalogar como concentrado seco <sup>[33]</sup>, su almacenamiento a bajas temperaturas (-20°C) permitió conservar su calidad y evitar su oxidación <sup>[34]</sup>, es decir, se mantuvo su valor nutritivo, su estabilidad y palatabilidad con bajos riesgos de contaminación por microbios, hongos o parásitos <sup>[33]</sup>.

La desigualdad en los niveles de lípidos fue significativa y aunque su variación fue intencional dentro del presente trabajo ( $p =$

0,00) el análisis arrojó valores de 3,43 (T1: 0% aceite), 4,83 (T2: 5% aceite) y 4,55 (T3: 10% aceite), posiblemente en la determinación de humedad se alcanzó a volatizar parte del material graso generando los porcentajes anteriormente citados; por otro lado, los niveles de ceniza y proteína entre tratamientos presentaron diferencias significativas, con  $P = 0,0033$  y  $0,0030$  respectivamente, sólo mediante la prueba de Tukey se pudo establecer que el T3 para proteína y el T1 para ceniza fueron los que constituyeron este resultado con un coeficiente de variación menor al 7%.

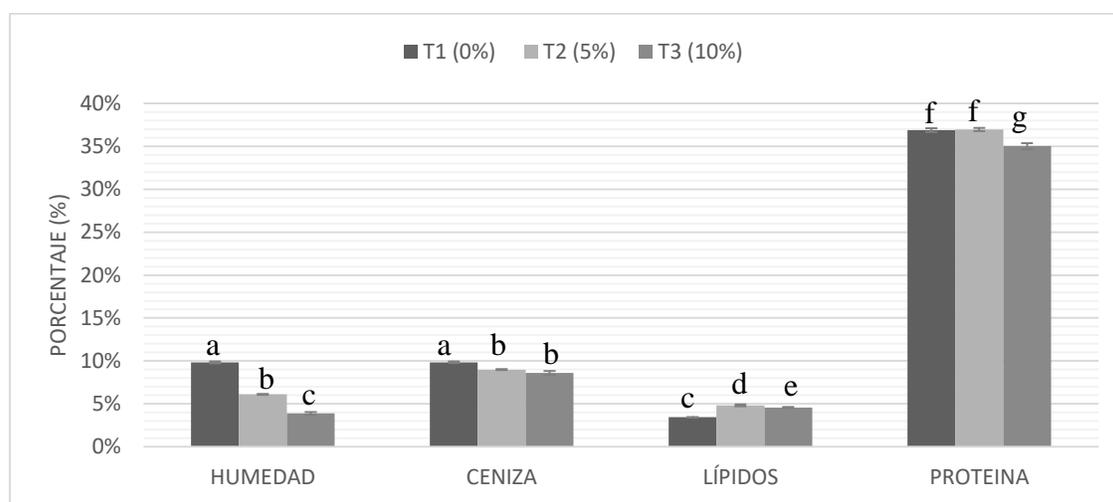


Figura 4. Valores promedio de humedad, ceniza, lípidos y proteína correspondiente a cada tratamiento suministrado. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los datos.

Independiente del peso de los ejemplares, los valores correspondientes a humedad estuvieron dentro de lo establecido por Perea et al <sup>[35]</sup> en la composición química de los peces (>60%), con un pequeño aumento de los ejemplares utilizados para el ensayo ( $\leq 4\%$ ) (Figura 5).

Teniendo en cuenta el peso alcanzado en las 15 mojarra del ensayo ( $116,6 \pm 31,71$  g), el análisis sobre su composición nutricional estuvo referenciado únicamente por los niveles de humedad, ceniza, lípidos y proteínas de aquellas dos mojarra capturadas en CGSM con pesos de  $131,82 \pm 6,09$  g.

En el análisis estadístico se decidió depurar cuatro replicas conformadas por ejemplares con tasas de crecimiento negativas, altos niveles de stress e inapetencia prolongada, lo que en uno de los casos se presentó la muerte del ejemplar, este comportamiento seguramente conllevó a la obtención de energía a través de reservas lipídicas <sup>[36]</sup> y por ende las lecturas bromatológicas para cada uno resultaron como valores atípicos e influyentes.

De acuerdo con lo anterior, se observó, que el porcentaje promedio total de ceniza en los ejemplares del ensayo (22,99%) se incrementó con respecto a la del medio natural, la cual

presentó un promedio de 22,11%, al parecer la cantidad presente en el concentrado Itacol® pudo influir directamente sobre la composición bioquímica de los ejemplares en el laboratorio, presentándose una variación entre todos del 2,74%.

Los niveles de proteína para los organismos del medio natural y del laboratorio se mantuvieron con un coeficiente de variación de 7,92% entre ellos, la mojarra rayada de la Ciénaga Grande de Santa Marta se puede clasificar como una excelente fuente de proteína (61%), su porcentaje supera drásticamente lo reportado por otras especies

(20%)<sup>[34]</sup> incluyendo lo encontrado por Farias et al<sup>[37]</sup> que para la especie *E. brasiliensis* registró valores entre 19,24 a 21,92% de proteína bruta (PB) para su filete.

Los niveles de ceniza, proteína y lípidos en los ejemplares mantenidos en cautiverio no presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos suministrados con  $P = 0,08$ , 0,34 y 0,23 respectivamente, las variables lípidos y proteína mostraron en todos los tratamientos los mayores errores estándar (5% y 3% respectivamente) en comparación con los demás análisis.

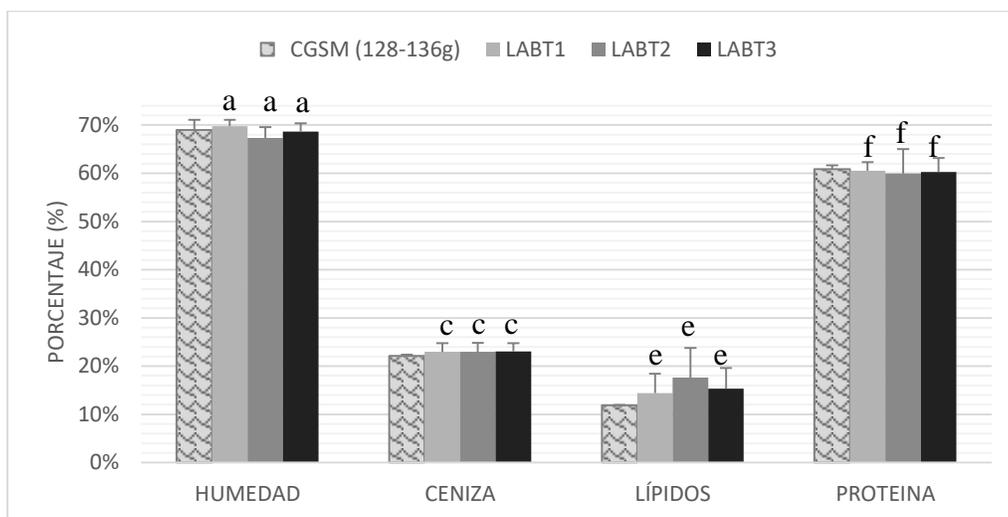


Figura 5. Valores promedio de humedad, ceniza, lípidos y proteína encontrados en las mojarras rayadas del LabBIM clasificadas por cada tratamiento suministrado. **Letras iguales indican la no existencia de diferencias significativas.**

Los organismos del medio natural registraron una grasa promedio del 11,9%, mientras que, en cautiverio conservaron porcentajes promedio por cada tratamiento de 14,37 (T1: 0% aceite), 17,63% (T2: 5% de aceite) y 15,31 (T3: 10% de aceite), por lo que según Ackman, citado por Nurnadia et al<sup>[38]</sup> la especie se cataloga como altamente grasa.

Además, al realizar un balance se aprecia que las dietas provocaron un aumento de lípidos de máximo 6% en la composición

química de la mojarra rayada, por lo tanto, mejoró la calidad de la especie como producto de consumo, aunque no se pueda atribuir la diferencia significativa a una sola dieta, a nivel comercial altos niveles de lípidos se constituye a partir de ácidos grasos esenciales de la serie n-6 y n-3 que no se determinó en este estudio; sin embargo, el nivel reportado para *E. plumieri* en México (1,13/100 g)<sup>[6]</sup> y en Venezuela ( $\pm 0,76\%$ )<sup>[39]</sup> está por debajo del porcentaje en la CGSM-Sector boca de la barra, lo anterior también nos permite asumir

que la especie al igual que otros peces tiene por naturaleza la capacidad de resistencia a

patógenos específicos, actividad modulada por los lípidos en la dieta [40], [41],[42],[43].

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mojarra rayada es una especie que tiene potencial para cultivo o para programas de repoblamiento, este experimento presentó una supervivencia superior al 90%, con fácil mantenimiento en condiciones de cautiverio y adecuada aceptación de alimento artificial.

Los factores que demandaron mayor control en *E. plumieri* fueron: la salinidad durante la aclimatación, la oxigenación del agua durante el mantenimiento y el suministro del concentrado de baja expansión (que se hunda).

La densidad de siembra fue el principal responsable del stress en los juveniles de mojarra rayada y por ende de la pérdida ocasional de apetito junto con las fluctuaciones en la tasa de crecimiento y factor de conversión, la escasez de estudios y el comportamiento observado, nos permite inferir que se debe trabajar con más de un ejemplar por unidad experimental y con volúmenes

superiores a 90 L para animales de peso mayor o igual a 78,5 g.

El aceite de linaza provocó aumentos en el nivel de lípidos dentro de la composición química de *E. plumieri* (6%) por lo que se recomienda realizar estudios acordes al perfil de ácidos grasos(omegas) en las dietas que se utilice y en el filete de la especie al igual que establecer la relación entre el nivel de lípidos y el de saciedad en los organismos, esto permitirá generar una adecuada tasa de crecimiento y factor de conversión ya que en el presente experimento no se presentaron diferencias significativas entre sus tratamientos.

La tasa de crecimiento y los niveles bromatológicos en los ejemplares de mojarra rayada no se diferenciaron para machos y hembras por lo que esta característica se considera relevante para aceptar o rechazar una igualdad en el crecimiento entre sexos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andréis” –Invemar (contribución # 1268) a través del Banco de Proyectos de Inversión Nacional – BPIN, por el apoyo financiero para el desarrollo del Programa acuicultura sostenible para el departamento del Magdalena, proyecto “Avances en el conocimiento del cultivo de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* como alternativa de subsistencia a la comunidad de pescadores (caso de estudio CGSM)”, financiado por la Gobernación del Magdalena, Convenio Especial de Cooperación 091-13, en el marco del Sistema Nacional de Regalías. También a la Línea de Bioprospección Marina del Programa de Valoración y Aprovechamiento de los Recursos Marinos -VAR del Invemar donde se llevó a cabo el proyecto; al personal del Laboratorio de Bioprospección Marina del Invemar especialmente a José Campo y del programa VAR al profesional Efraín Viloría Maestre.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. INVEMAR. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Santa Marta, Colombia: INVEMAR; 2008. p. 102+Anexos.

- [2]. Cervigón F, Cipriani R, Fischer W, Garibaldi L, Hendrickx M, Lemus AJ, et al. Guía de campo de las especies marinas y de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO. Roma; 1992.
- [3]. Sánchez C, Rueda M. Space-time variation of the diversity and abundance of dominant fish species in the Magdalena River Delta, Colombia. *Rev Biol Trop*. 1999;47:1067–79.
- [4]. Vilorio ME, P-P A, Blanco J. El colapso de la pesquería de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* (Pisces:Gerreidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta: ¿Causas pesqueras, ambientales o biológicas? *Bol Invest Mar Cost*. 2012;41:400–10.
- [5]. Millares N, Borrero M, González E. Desove inducido en *Eugerres plumieri* (PATAO) en condiciones de laboratorio. *Rev Cub Inv Pesq*. 1979;4:87.
- [6]. Castro-González MI, Maafs-Rodríguez AG, Galindo-Gómez C. Perfil de ácidos grasos de diversas especies de pescados consumidos en México. *Rev Biol Trop*. 2013;61:1981–98.
- [7]. Sargent JR, Bell JG, Bell M V, Henderson RJ. The Metabolism of Phospholipids and Polyunsaturated Fatty Acids in Fish. In: *Aquaculture: Fundamental and Applied Research. Coastal and Estuarine Studies*; 1993. p. 22.
- [8]. Sargent J, Bell G, McEvoy L, Tocher D, Estevez A. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture*. 1999;177:191–9.
- [9]. Ospina-salazar GH, López-Navarro J, Sepúlveda-Cárdenas S, Gómez-León J. Contribución a la biología y mantenimiento de peces marinos ornamentales. Usos potenciales de la Biodiversidad. Santa Marta, Colombia; 2011. 160 p.
- [10]. Solsona F, Morales C. Tratamiento y desinfección de agua para consumo humano por medio de cloro. Guatemala: Ministerio de salud pública y asistencia social; 2006. p. 11.
- [11]. Cerón Benavides SM, Santos-Acevedo M, Gómez-Cerón AE, Ospina-Salazar GH, Imués-Figueroa MA, Gómez-León J. Evaluación de la toxicidad aguda de un fluido de exploración offshore en la fecundación del erizo de mar *Lytechinus variegatus*. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 2014;43(2):383–405.
- [12]. Mojarra: Italcol Alimentos concentrados [Internet]. Italcol.com. [cited 2020 Aug 14]. Available from: <https://www.italcol.com/acuicultura/mojarra/#1493066564597-caaa4c73-c206>
- [13]. Barrientos A. BioEssens POR NATURALEZA [Internet]. Aceite de linaza. [cited 2020 Jul 29]. Available from: <https://bioessens.com.co/blogs/blog/aceite-de-linaza-flax-oil-propiedades>.
- [14]. Arevalo-Ibarra LI, Suarez-Garcia I, Guerrero Alvarado CE. Efecto de diferentes niveles lipídicos y proteicos en la dieta sobre el desempeño productivo de juveniles del pez ángel o escalar (*Pterophyllum scalare*). *Revista Respuestas*. 2018;23(1):32–8.

- [15]. A.O.A.C: Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Arlington; 1984. 1141 p.
- [16]. AOAC International. Official methods of analysis of AOAC International. 17<sup>a</sup>. Gaithersburg, MD, USA,; Asociación de Comunidades Analíticas.; 2002.
- [17]. Greenfield H, Southgate DA. Datos de composición de alimentos. Obtención, Gestión y Utilización. Segunda Ed. Burlingame BA, Charrondiere UR, editors. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.; 2003. 312 p.
- [18]. Instituto de salud pública. Procedimiento determinación de cenizas totales en alimentos. Método Gravimétrico. Laboratorio nutrientes, aditivos y contaminantes. 2009.
- [19]. AOAC International. Methods of analysis for nutritional labeling. Sullivan DM, Carpenter DE, editors. Arlington, VA.; 1993.
- [20]. Gómez Villegas MA. Karl Pearson , el Creador de la Estadística Matemática. In: Basulto J, García J, editors. Historia de la Probabilidad y la Estadística [IV] [Internet]. Huelva, Madrid.: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva; 2009. p. 351–6. Available from: <http://www.mat.ucm.es/~villegas/ArtPearson2007.pdf>
- [21]. Romero Saldaña M. Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. Revista Enfermería del Trabajo [Internet]. 2016;3(3):105–14. Available from: <file:///C:/Users/HP1080P/HD/Downloads/Dialnet-PruebasDeBondadDeAjusteAUnaDistribucionNormal-5633043.pdf>
- [22]. Liserre GO. Determinación de la ley de distribución de la estadística Chi Cuadrado. Revista de economía y estadística. 1967;11(1–2):123–6.
- [23]. Cochran WG. The distribution of the largest of a set of estimated variances as a fraction of their total. Vol. 11, Annals of Eugenics. 1941. p. 47–52.
- [24]. Durbin J, Watson GS. Testing for serial correlation in least squares regression. II. Biometrika. 1951;38(1–2):159–78.
- [25]. Olaya Nieto CW, Appeldoorn RS. Edad y crecimiento de la mojarra rayada, *Eugerres plumieri* (Cuvier), en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Gulf and Caribbean Fisheries Institute. 2004;55:340–1.
- [26]. García Ortega A, Muy Rangel D, Puello Cruz A, Villa Lopez Y, Preciado Iniguez, Kattia Escalante Rojas M. Uso de ingredientes de origen vegetal como fuentes de proteína y lípidos en alimentos balanceados para peces marinos carnívoros. Cruz Suarez LE, Rieque Marie D, Tapia Salazar M, Nieto López MG, Villareal Cavazos DA, Gamboa Delgado J, editors. Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey, México.; 2010. p. 321–40.
- [27]. Arce Uribe E, Luna-Figueroa J. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en

- condiciones de cautiverio. *AquaTIC*. 2003;18:39–47.
- [28]. Angulo Sinisterra JA. Efecto de tres piensos comerciales con diferentes niveles de proteína en el crecimiento y sobrevivencia del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Universidad del Magdalena; 2018.
- [29]. Garduño Dionate M, Hernández Martínez M, Soto Aguirre F, Sánchez Zamora A. Evaluación de tres alimentos balanceados en la engorda de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* ( Pisces : Lutjanidae ) en Nayarit , México. *Hidrobiológica*. 2016;26(1):87–92.
- [30]. Glencross B, Hawkins W, Curnow J. Evaluation of canola oils as alternative lipid resources in diets for juvenile red seabream, *Pagrus auratus*. *Aquac Nutr*. 2003;9:305–15.
- [31]. Monteverde Cedeño DM, Reyna Vélez GC. Composición taxonómica y aspectos reproductivos de las mojarras (Guerreidae), capturadas en el estuario del río Chone. Universidad Técnica de Manabí; 2015.
- [32]. Anguas-Vélez BH, Civera-Cerecedo R, Rocha-Meza S, Ernesto G-B. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*. 2003;13(4):309–15.
- [33]. Noel Guevara W. Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. Tacna, Perú.; 2003. p. 55.
- [34]. Castillo Correa JA. Evaluación de la estabilidad oxidativa de grasas interesterificadas enzimáticamente. Universidad Industrial de Santander; 2007.
- [35]. Perea A, Gómez E, Mayorga Y, Triana CY. Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2008;58(1):91–7.
- [36]. Gatlin III MD. Nutrición de Reproductores y Juveniles de Peces Marinos. In: Civera Cerecedo R, Pérez Estrada C., Ricque Marie D, Cruz Suárez LE, editors. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, B.C.S., México; 1998. p. 15–8.
- [37]. Farias Craveiro CF, Gomes dos Santos LB, Martins Ramos FR, Cavalcanti Martino R, Olivera Cavalli R. Composição do músculo , ovários e fígado de adultos selvagens da carapeba listrada *Eugerres brasílianus*. XII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão-JEPEX. 2013;0–2.
- [38]. Nurnadia AA, Azrina A, Amin I. Proximate composition and energetic value of selected marine fish and shellfish from the West Coast of Peninsular Malaysia. *Int Food Res J*. 2011;18(1):137–48.
- [39]. Mendoza Navarro AE. Evaluación del contenido energético del tejido muscular de seis especies de peces de alto consumo en la zona de Guayacán, Estado Sucre. Universidad de Oriente; 2012.
- [40]. Izquierdo MS, Montero D. Efecto de los lípidos dietéticos en la salud y resistencia al Estrés

en peces. Civera-Cerecedo R, Pérez Estrada CJ, Ricque Marie D, Cruz Suárez LE, editors. Avances en Nutrición Acuícola IV. La Paz, B.C.S. México.; 2000. p. 282–97.

- [41]. Salte R, S. M, Wold T and K. Do high levels of dietary polyunsaturated fatty acids (EPA/DHA) prevent diseases associated with membrane degeneration in farmed Atlantic salmon at low water temperatures? Bull Eur Ass Fish Pathol. 1988;8(3):63–5.
- [42]. Kiron V, Fukuda H, Takeuchi T, Watanabe T. Essential fatty acid nutrition and defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Comp Biochem Physiol -- Part A Physiol. 1995;111A(3):361–7.
- [43]. Raynard RS, McVicar AH, Bell JG, Youngson A, Knox D, Fraser CO. Nutritional aspects of pancreas disease of Atlantic salmon: The effects of dietary vitamin E and polyunsaturated fatty acids. Comp Biochem Physiol -- Part A Physiol. 1991;98A(1):125–31.