

**ACTIVIDAD LOCOMOTORA Y ALIMENTARIA DE LA MOJARRA RAYADA
(*Eugerres plumieri*, Cuvier 1830) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

ARLEY ALEXANDER YANDUN INAGAN

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2023**

**ACTIVIDAD LOCOMOTORA Y ALIMENTARIA DE LA MOJARRA RAYADA
(*Eugerres plumieri*, Cuvier 1830) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

ARLEY ALEXANDER YANDUN INAGAN

**Informe final de Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola**

Director (a)

**NATALIA VILLAMIZAR VILLAMIZAR
PhD Biología de Peces**

Co-Director (a)

**SANDRA MILENA CERÓN BENAVIDES
Ing. en Producción Acuícola., Esp.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2023**

“Las ideas y conclusiones aportadas en esta tesis de grado son responsabilidad exclusiva de su autor”.

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966, emanado del Honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

NATALIA VILLAMIZAR VILLAMIZAR
PhD Biología de Peces
Directora

SANDRA MILENA CERÓN BENAVIDES
Ing. en Producción Acuícola., Esp.
Co-Directora

JULBRINNER SALAS BENAVIDES
Biólogo con énfasis en Ecología
Mg. Recursos Hidrobiológicos Continentales
PhD Ciencias Agrarias
Jurado delegado

YEMALL ALEXANDER MAIGUAL ENRÍQUEZ
Ingeniero en Producción Acuícola
PhD en Ciencias Ambientales
Jurado

San Juan de Pasto, enero de 2023

AGRADECIMIENTOS

NATALIA VILLAMIZAR VILLAMIZAR	PhD en Biología de Peces, Profesor e Investigador Asociado, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada – GIBEA, Universidad del Magdalena.
SARA ELISA CRUZ BOTTO	Ingeniera pesquera, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada – GIBEA, Universidad del Magdalena.
IMAEEL FABRICIO VARGAS MONTENEGRO	Biólogo, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada – GIBEA, Universidad del Magdalena.
ARNALDO ORTIZ PEREZ	Técnico, Tecnólogo en acuicultura, granja experimental, Universidad del Magdalena.
SANDRA MILENA CERON BENAVIDES	Ingeniera en Producción Acuícola, Esp., estadística aplicada.
JULBRINNER SALAS BENAVIDES	Director del programa de Ingeniería en Producción Acuícola, Biólogo con énfasis en Ecología, M. Recursos Hidrobiológicos Continentales, PhD Ciencias Agrarias, Universidad de Nariño.
YEMALL ALEXANDER MAIGUAL ENRIQUEZ	Ingeniero en Producción Acuícola, PhD en Ciencias Ambientales. Docente Investigador Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, UDENAR. Investigador Programa Ingeniería Industrial, UCC-Pasto.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista, Esp., secretario académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño.
PIEDAD MEJIA SANTACRUZ	Secretaria del departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño.

La presente investigación fue financiada por MinCiencias – Universidad del Magdalena a través del proyecto “Aspectos biológicos, estado de conservación y oportunidades para la acuicultura de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) y el róbalo (*Centropomus undecimalis*) en la Ciénaga Grande de Santa Marta” (Contrato 610-2020).

Al programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño, al Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA) de la Universidad del Magdalena y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y enseñarme que sin sacrificio no hay victoria.

A mis padres María y Oswaldo, siempre por su incondicional apoyo, porque sin ustedes esto no hubiese sido posible y gracias por darme una voz de aliento cuando más lo necesitaba.

A mis hermanos Daniela y Jeiber, a mis abuelos, quienes, gracias a sus buenos consejos y regaños, me han enseñado que se puede alcanzar lo que nos proponemos y más.

A mi compañera de vida, Claudia, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su amor, por ser tal y como es, gracias por siempre creer en mí y enseñarme tanto.

A profesores, administrativos y demás personal del programa de Ingeniería en Producción Acuícola, quienes, con su conocimiento y entrega, contribuyeron en mi desarrollo profesional, así como al grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA) de la Universidad del Magdalena.

Finalmente, a mi directora de tesis Natalia Villamizar Villamizar, mi codirectora Sandra Milena Ceron Benavides, mis jurados Julbrinner Salas Benavides y Yemall Alexander Maigual Enríquez. Cada uno de sus aportes tanto en lo personal como académico, contribuyeron a la culminación de este trabajo.

A todos ellos,

muchas gracias de todo corazón.

Arley Alexander Yandun Inagan

RESUMEN

Teniendo en cuenta la importancia de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) para las pesquerías artesanales del Caribe colombiano y su potencialidad para la acuicultura nacional, el presente trabajo investigó sobre los patrones de ritmos diarios de actividad locomotora y alimentaria de la especie a través de un sistema de registro automático de demanda de alimento. El estudio se realizó con un total de 108 especímenes distribuidos homogénea y aleatoriamente en nueve tanques de 1m³ y se alimentaron con una dieta artificial modificada, se trabajó con tres tratamientos T1: a aparente saciedad en tres tomas diarias (08:00, 13:00 y 18:00 h) T2: alimentación programada cada 4 h y T3: sistema de auto-demanda. Cada tratamiento contó con tres réplicas y una duración de 60 días. Se realizaron biometrías cada 30 días y durante el periodo se evaluaron: parámetros fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica), comportamiento, actividad locomotora y alimentaria. Variables en cuanto a alimento demandado, tasa de crecimiento específica (TCE), ganancia de peso (GP), ganancia de talla (GL), Factor de Condición de Fulton (K), factor de conversión alimenticia (FCA) y mortalidad. Como resultados se obtuvo que la especie demuestra un marcado patrón de actividad locomotora y alimentaria diurna la cual se sostuvo independientemente de los horarios y sistemas de alimentación aplicados (T1, T2 y T3). Además, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, mostrando los mayores crecimientos y rendimientos en el tratamiento T3, con valores de TCE= 0,221±0,060 g.día⁻¹; GP=0,864±0,497 g.día⁻¹, GL= 0,015±0,003 cm.día⁻¹ K=1,232±0,044 y FCA=1,236±0,161; la mortalidad fue menor al 10% sin diferir estadísticamente entre los diferentes tratamientos. Esta especie se alimenta activamente en el fondo y de manera equitativa, con bajo nivel de dominancia y jerarquía, demostrando una fácil adaptación a su entorno y óptimo desempeño en cultivo. Por lo anterior, se sugiere para un futuro cultivo de la especie, alimentarla en las horas del día, especialmente sobre las 10 am, bajo un régimen de auto-demanda de alimento.

Palabras clave: Mojarra rayada, *Eugerres plumieri*, comportamiento, alimentación, locomoción, acuicultura.

ABSTRACT

Taking into account the importance of the “mojarra rayada” (*Eugerres plumieri*) for artisanal fisheries in the Colombian Caribbean and its potential for national aquaculture, the present work investigated the patterns of daily rhythms of locomotor and feeding activity of the species through an automatic registration system of food demand. The study was conducted with a total of 108 specimens distributed homogeneously and randomly in nine tanks of 1m³ and fed with a modified artificial diet, we worked with three treatments T1: apparent satiety in three daily doses (08:00, 13:00 and 18:00 h) T2: scheduled feeding every 4 h and T3: self-demand system. Each treatment had three replications and a duration of 60 days. Biometrics were performed every 30 days and during the period the following were evaluated: physicochemical parameters (temperature, dissolved oxygen, pH and electrical conductivity), behavior, locomotor and alimentary activity. Variables in terms of food demanded, specific growth rate (TCE), gain of weight (GP), height gain (GL), Fulton Condition Factor (K), feed conversion factor (FCA) and mortality. As a result it was obtained that the species demonstrates a marked pattern of locomotor and daytime feeding activity which was sustained regardless of the schedules and feeding systems applied (T1, T2 and T3). In addition, statistical differences were found between the treatments, showing the highest growths and yields in the T3 treatment, with TBI = 0,221±0,060 g.day⁻¹; GP=0,864±0,497 g.day⁻¹, GL= 0,015±0,003 cm.day⁻¹ K=1,232±0,044 and FCA=1,236±0,161; Mortality was less than 10% without statistically differing between different treatments. This species actively feeds on the bottom and equitably, with low dominance and hierarchy, demonstrating an easy adaptation to their environment and optimal performance in cultivation. Therefore, it is suggested for a future cultivation of the species, feed it in the hours of the day, especially around 10 am, under a regime of self-demand for food.

Keywords: Mojarra rayada, *Eugerres plumieri*, behavior, feeding, locomotion, aquaculture.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. MARCO REFERENCIAL	21
3.1 GENERALIDADES DE <i>EUGERRES PLUMIERI</i>	21
3.2 RITMOS BIOLÓGICOS DE ACTIVIDAD EN PECES	24
3.2.1 Comportamiento en peces	26
3.3 CALIDAD DEL AGUA	27
3.4 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS	28
3.4.1 Prueba de Kruskal-Wallis	28
3.4.2 Pruebas Post Hoc	28
3.4.3 Prueba χ^2 de Pearson	28
4. OBJETIVOS	29
4.1 OBJETIVO GENERAL	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
5. METODOLOGÍA	30
5.1 OBTENCIÓN Y TRANSPORTE DE EJEMPLARES	30
5.2 ACLIMATACIÓN Y ADAPTACIÓN A CAUTIVERIO	31
5.2.1 Diseño experimental	34
5.2.2 Parámetros de evaluación	36
5.2.2.1 Sistema de control y monitoreo de la actividad locomotora y alimentaria	36
5.2.2.2 Variables de comportamiento alimentario	37
5.2.2.3 Variables de desempeño en crecimiento	37
5.2.2.4 Parámetros fisicoquímicos del agua	40
5.2.3 Análisis estadístico	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
6.1 ACLIMATACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAUTIVERIO	41
6.2 MONITOREO DE LA ACTIVIDAD LOCOMOTORA Y AUTOALIMENTARIA	42
6.3 COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO	46
6.3.1 Intensidad de la actividad alimentaria	46
6.3.2 Jerarquía	48
6.3.3 Área preferencial de alimentación	49
6.3.4 Alimento demandado	50
6.4 INDICADORES DE DESEMPEÑO	51
6.4.1 Mortalidad	54
6.5 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación taxonómica para <i>Eugerres plumieri</i>	22
Tabla 2. Protocolo de aclimatación de los peces.	41
Tabla 3. Criterios de evaluación para el comportamiento de mojarra rayada.	37
Tabla 4. Resumen estadístico de parámetros fisicoquímicos durante los días de experimento	55
Tabla 5. Resumen estadístico de las variables zootécnicas durante los días de experimento, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos.	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mojarra rayada (<i>Eugerres plumieri</i>)	23
Figura 2. Granja acuícola experimental de la Universidad del Magdalena (sede principal) e imagen del hangar de acuicultura.....	30
Figura 3. Transporte de los ejemplares desde la CGSM al Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Magdalena (sede principal) (A, B, C), aclimatación de los peces (D).	31
Figura 4. Proceso de adaptación de la especie a las condiciones de laboratorio. Mezcla de melaza y sal (A), tanques con presencia de melaza y sal (B).	32
Figura 5. Suministro de caracol manzana (A) y dieta artificial (Mojarra 34 modificada, Itacol ®, Colombia) (B) durante el proceso de adaptación a este alimento.	32
Figura 6. Proceso de modificación del alimento artificial (Mojarra 34, Itacol ®, Colombia). Molienda (A), mezcla del alimento molido con 2% de espirulina (B), peletización manual (C), secado de los pellets (D), ajuste del tamaño en el peletizado (E) almacenamiento del alimento en bolsas (F).	33
Figura 7. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos (A), limpieza y recambio de agua (B).	34
Figura 8. Sistema de tanques utilizados para la aplicación de tres tratamientos y sus réplicas (SketchUp Pro2016).....	35
Figura 9. Sistema de control y monitoreo. Montaje de sensores infrarrojos (A), sensor infrarrojo inactivo y activo (B), sensor infrarrojo en el tanque (C), distribución de sensores y alimentadores (D), conexión para envío de registros (E) almacenamiento digital de registros en el sistema (F).	36
Figura 10. Preparación profiláctica con sal y azul de metileno (A), registro de talla (B) y registro de peso (C).	38
Figura 11. Descripción de la actividad locomotora de la mojarra rayada en el tratamiento T1 (suministro manual de alimento a saciedad a las 08:00 h, 13:00 h y 18:00 h). Las flechas representan horarios de alimentación, barras indican la fase oscuridad y luz, negras (noche) y blancas(día).....	42
Figura 12. Representación de la actividad locomotora de la mojarra rayada en el tratamiento 2 (alimentación programada cada 4 horas/día). Las flechas representan los horarios de alimentación, las barras indican la fase oscuridad y luz, negras (noche) y blancas(día).	43
Figura 13. Actividad locomotora de mojarra rayada en el tratamiento 3 (sistema de auto-demanda de alimento). La barras indica la fase oscuridad y luz, negras (noche) y blancas(día).	44
Figura 14. Actividad alimentaría de mojarra rayada en el tratamiento 3 (sistema de auto-demanda de alimento). La barras indica la fase oscuridad y luz, negras (noche) y blancas(día).	45

Figura 15. Evaluación del comportamiento alimentario de la mojarra rayada por tratamiento durante los días de estudio.	47
Figura 16. Evaluación del comportamiento jerárquico de mojarra rayada por tratamiento durante los días de estudio.	48
Figura 17. Área preferencial al momento de la alimentación.	49
Figura 18. Media de consumo de alimento por cada tratamiento durante el experimento.	50
Figura 19. Descripción de mortalidad media de peces entre los tratamientos	54

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Datos iniciales y finales promedios de peso (g) y longitud (cm) por tratamiento y réplica.....	67
Anexo B. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para intensidad de la actividad alimentaria mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	67
Anexo C. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para jerarquía mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	67
Anexo D. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para área preferencial de alimentación mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	68
Anexo E. Prueba Post Hoc para alimento demandado mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	68
Anexo F. Prueba Post Hoc para tasa específica de crecimiento (g.día^{-1}) por el programa estadístico Rstudio 4.2.2	68
Anexo G. Gráfica de cajas y bigotes para tasa específica de crecimiento (g.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	68
Anexo H. Prueba Post Hoc para ganancia de peso (g.día^{-1}) mediante programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	69
Anexo I. Gráfica de cajas y bigotes para ganancia de peso (g.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	69
Anexo J. Prueba Post Hoc para ganancia de longitud (cm.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	69
Anexo K. Gráfica de cajas y bigotes para ganancia de longitud (cm.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	70
Anexo L. Prueba Post Hoc para factor de condición (K) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	70
Anexo M. Gráfica de cajas y bigotes para factor de condición K mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	71
Anexo N. Prueba Post Hoc para factor de conversión alimenticia mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	71
Anexo O. Gráfica de cajas y bigotes para factor de conversión alimenticia mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	72
Anexo P. Prueba de Post Hoc para mortalidad mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	72
Anexo Q. Prueba Post Hoc para temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	73
Anexo R. Gráfica de cajas y bigotes para temperatura ($^{\circ}\text{C}$) mediante programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	73
Anexo S. Prueba Post Hoc para oxígeno (mg. L^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	73
Anexo T. Gráfica de cajas y bigotes para oxígeno (mg. L^{-1}) mediante programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	74

Anexo U. Prueba Post Hoc para pH mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	74
Anexo V. Gráfica de cajas y bigotes para pH mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	75
Anexo W. Prueba Post Hoc para conductividad (KΩcm) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2.....	75
Anexo X. Gráfica de cajas y bigotes para conductividad (KΩcm) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2	76
Anexo Y. Descripción de la ganancia de peso (g) de mojarra rayada, alimentada en horarios distintos (T1, T2 y T3)	76
Anexo Z. Descripción de la ganancia de talla (cm) de la mojarra rayada, alimentada en horarios distintos (T1, T2 y T3).....	77
Anexo AA. Cantidad de alimento suministrado (g) por tratamiento y replica durante el bioensayo.....	77
Anexo BB. Registros fotográficos	78

INTRODUCCIÓN

Para Vilarly y González¹ gran parte del recurso pesquero de la Ciénaga Grande de Santa Marta-CGSM (departamento de Magdalena, Colombia), ha llegado a un colapso poblacional debido a la sobreexplotación y deterioro ambiental, que ha afectado a su vez al sustento de aquellos habitantes que dependen de la captura y venta de este recurso. En este sentido, Chasqui et al.² sostiene que la mojarra rayada *Eugerres plumieri* es una de las especies de mayor importancia para la pesca local y regional. Sin embargo, se encuentra en estado de conservación “vulnerable” para Colombia; sin planes de manejo, ni medidas de control que aseguren su explotación sostenible. Por otro lado, aunque esta especie constituye una promisoriosa alternativa para la diversificación de la acuicultura en el país, aún se requiere diseñar un paquete tecnológico óptimo que pueda ser transferido al sector productivo. Dichos protocolos de cultivo deben construirse a partir de información base, generada a través de la investigación y estudio de las características fisiológicas y comportamentales de esta especie.

El comportamiento es uno de los aspectos más relevantes para tener en cuenta cuando se pretende mantener a una especie bajo condiciones de cautiverio. El conocer si se trata de una especie diurna, nocturna o crepuscular, es la base para el diseño de protocolos óptimos de manipulación, alimentación y reproducción. Dichos ritmos biológicos son parte del proceso natural de adaptación de los seres vivos a las condiciones de su entorno. Para Aschoff³ su importancia se basa en el ajuste de los procesos fisiológicos y comportamentales a los cambios externos periódicos, adaptando así el organismo a situaciones predecibles y repetitivas. Así es como Sánchez⁴ y Takahashi⁵ explican que el reloj biológico o endógeno tiene una periodicidad aproximada de 24 horas (circadiano) y se sincroniza a través de señales ambientales externas, como pueden ser el foto-ciclo y el termo-ciclo, la alimentación, las épocas de lluvia y sequía, entre otros.

¹ VILARDY, Sandra y GONZÁLEZ, José. Repensando la Ciénaga: Nuevas Miradas y Estrategias para la Sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta (en línea). En: Observatorio Cartagena (Cartagena): 2011 (Consultada: 23, octubre, 2021). Disponible en: <https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/biblioteca/guias/NTC4490.pdf>

² CHASQUI, Luis *et al.* Libro rojo de peces marinos de Colombia (en línea). En: Invemar (Santa Marta): 2017 (Consultada: 26, octubre, 2021). Disponible en: <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/libro-rojo-peces-marinos-de-colombia.pdf>

³ ASCHOFF, J. Handbook of behavioral neurobiology: 4a. New York: Plenum Press, 1981. 563p

⁴ SÁNCHEZ, José. Ritmos biológicos y relojes moleculares en teleósteos: ontogenia y sincronización a los ciclos diarios de luz y alimentación. Trabajo de grado de pregrado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de ciencias de la salud. Programa de fisiología, 2016. 208p Disponible en: <http://hdl.handle.net/10201/48352>

⁵ TAKAHASHI, Joseph. Circadian rhythms: From gene expression to behavior. En: Current Opinion in Neurobiology. 1991. Vol. 1 No. 4. p. 556–561. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(05\)80028-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(05)80028-5)

Según Helfman⁶ y Reebbs⁷ el simple ciclo diario de la salida y puesta del sol marcan la ritmicidad del comportamiento y actividad de los peces haciendo predecibles algunos de sus aspectos. Esto está asociado a un conjunto de patrones de actividad que dependen de la intensidad de la luz, la temperatura, la disponibilidad de alimento, la competencia intraespecífica, entre otros. Por consiguiente, estos patrones ayudan a reconocer actividades tan fundamentales como los momentos en que los peces se alimentan, reproducen y descansan. La mayoría de los peces de latitudes tropicales y templadas se alimentan principalmente durante el día o la noche, mientras que un número menor busca alimento durante los períodos crepusculares; de esta forma, Sánchez⁸ afirma que el alimento también puede actuar como sincronizador de los ritmos biológicos, modulando los patrones de la actividad locomotora típicos de las especies.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación se centra en el estudio de la actividad locomotora y alimentaria de la mojarra rayada (*E. plumieri*) mediante la implementación de un sistema de control y registro electrónicos, empleando sensores infrarrojos. Los resultados obtenidos brindan información acerca del comportamiento y los horarios en que es más eficiente realizar el suministro de alimento. De esta manera, se pretende aumentar el conocimiento de la especie con el fin de construir una línea base de información para la construcción de protocolos de cultivo a diferentes escalas.

⁶ HELFMAN, G. Fish behaviour by day, night and twilight. En: Behaviour of Teleost Fishes. 1993. Vol. 10 No. 2. p. 479–512. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8261-4_14

⁷ REEBBS, Stephan. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. En: Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2003. Vol. 103 No. 3. p. 349–364. Disponible en: <https://www.umoncton.ca/sites/prod.umoncton.ca/files/users/user109/Reebbs%20fish%20review.pdf>

⁸ SÁNCHEZ. Op. Cit., p. 78

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La mojarra rayada *E. plumieri* es uno de los recursos pesqueros más importantes de la Ciénaga Grande de Santa Marta - CGSM, la principal laguna costera del Caribe colombiano”⁹. Su importancia está ligada a la pesca artesanal, siendo una de las especies más comercializadas a nivel local y nacional. Sin embargo, la abundancia de esta especie nativa ha disminuido drásticamente, llegando a ser catalogada en estado de conservación “vulnerable”¹⁰; Rueda y Santos¹¹ sostienen que la causa para dicha categorización es debida a la presión pesquera que se ejerce sobre ella y a la falta de control o normativa específica para su extracción, así como también al deterioro ambiental de la CGSM.

Igualmente, para Rueda y Santos¹² la mojarra rayada fue uno de los recursos más abundantes, que colapsó drásticamente en la década de 1990; de esta manera, en 1994 los registros de capturas fueron de 1000 toneladas para la CGSM, mientras que para el año 2007, su captura fue de sólo 50 toneladas.

Vilardy y González¹³ advierten que el colapso pesquero de esta especie tuvo su origen en la sobreexplotación, además de causas ambientales, las cuales afectaron a toda su red trófica. Aun así, según estudios de Chasqui et al.¹⁴ en los últimos años, las poblaciones de *E. plumieri* en la CGSM, han mostrado signos de recuperación y en el 2011, las capturas reportadas ascendieron a 400 toneladas; dicho aumento representa una incógnita para la ciencia, debido a que, en la actualidad, se desconoce la razón por la cual las poblaciones de esta especie parecen haberse recuperado por sí solas, sin la intervención de planes de manejo o control. Aguirre y Díaz¹⁵ manifiestan que la mojarra rayada es una especie promisoría para las prácticas de cultivo sostenibles y presenta varias ventajas que la convierten de interés para la acuicultura: tolerancia a amplios rangos de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, además de una buena adaptación al cautiverio bajo diferentes sistemas de cultivo (tanques plásticos, estanques en tierra, concreto o geomembrana, encierros mediante hapas).

Actualmente, la escasa información que existe sobre las poblaciones de *E. plumieri* en nuestro país, limita el desarrollo de un paquete tecnológico para su posible

⁹ RUEDA, Mario y SANTOS, Adriana. Population dynamics of the striped mojarra *Eugerres plumieri* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. En: Fisheries Research. 1999. Vol. 42 No. 1. p. 155. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016578369900033>

¹⁰ Ibid., p. 229

¹¹ Ibid., p. 326

¹² Ibid., p. 178

¹³ VILARDY y GONZÁLEZ. Op. Cit., p. 191

¹⁴ CHASQUI. Op. Cit., p. 228

¹⁵ AGUIRRE, Arturo y DÍAZ, Silvia. Estructura poblacional, madurez gonádica y alimentación de *Eugerres plumieri* (Gerreidae) en el sistema fluvio-deltaico pom-atasta, México. En: Ciencias Marinas. 2000. Vol. 26 No. 2. p. 253-273. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/480/48026204.pdf>

cultivo, lo que a su vez, esta situación representa un punto crítico para la diversificación de la acuicultura en nuestro país. La posibilidad de cultivar esta especie representaría múltiples beneficios: una alternativa de subsistencia para las comunidades locales, una disminución de la presión pesquera sobre las poblaciones naturales y un avance tecnológico para la acuicultura de Colombia. Por tanto, se deben adelantar esfuerzos que permitan el aprendizaje de su manejo, la estandarización de los requerimientos ambientales en condiciones de confinamiento, la alimentación, entre otros.

2. JUSTIFICACIÓN

Gutiérrez¹⁶ menciona que Colombia es un país destacado en recursos hídricos, con una extensión de territorio marino total (océanos Atlántico y Pacífico) de 988.000km². Además, cuenta con importantes extensiones de aguas salobres como la CGSM y abundancia en recursos hidrobiológicos. Sin embargo, para Tavares¹⁷ las pesquerías del Caribe colombiano han registrado un descenso general de las capturas en los últimos diez años, siendo la sobreexplotación del recurso y el deterioro ambiental, las principales causas de dicha disminución.

Según la FAO¹⁸ este descenso significativo contrasta con la producción acuícola, la cual muestra un crecimiento promedio anual considerable, lo que ha convertido a la acuicultura en una actividad económicamente rentable, que satisface la demanda de pescado y genera beneficios duraderos para las poblaciones rurales. Sin embargo, De la Hoz et al.¹⁹ afirman que la mayor parte de la producción piscícola está representada por especies dulceacuícolas, quedando la maricultura relegada a un segundo plano, y en el caso de nuestro país a un solo organismo, el camarón.

Entre las especies de interés para la diversificación de la acuicultura, Aguirre²⁰ encuentra en la mojarra rayada (*E. plumieri*), un pez de gran importancia biológica, ecológica, y socioeconómica para la CGSM, que reúne ciertas características distintivas (especie eurihalina, tolerante al cautiverio y al alimento artificial). Además, para Gualdrón²¹ la mojarra rayada es una especie con estrategia de alimentación omnívora, lo cual permite el uso de alimentos con bajo nivel de harinas de pescado, fomentando la sostenibilidad de la actividad productiva.

Sin embargo, aunque se ha avanzado en el conocimiento acerca de su crecimiento, fecundidad y época reproductiva, se desconocen varios aspectos clave como son su comportamiento diario, el cual es crucial para establecer un protocolo óptimo de alimentación y manipulación bajo condiciones controladas.

¹⁶ GUTIÉRREZ, Francisco. Los recursos pesqueros marinos. En: Expedito. 2011. Vol. 1 No. 7. p. 71–75. Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/738>

¹⁷ TAVARES, Larissa. La Pesca y Los pescadores artesanales En Colombia. En: PEGADA - A Revista Da Geografia Do Trabalho. 2018. Vol. 19 No. 2. p. 343-377. Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/738>

¹⁸ FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura (en línea). En: La sostenibilidad en acción (Roma): 2020 (Consultada: 10, noviembre, 2021). Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

¹⁹ DE LA HOZ, J. et al., Boletín Estadístico enero - diciembre de 2013. Colombia: Aunap, 2013. 60p.

²⁰ AGUIRRE y DÍAZ. Op. Cit., p. 256

²¹ GUALDRÓN, Luz. Evaluación del estatus taxonómico de la mojarra rayada (Pisces: Gerreidae: Eugerres) en el Caribe de Colombia. Trabajo de grado de maestría. Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología. Programa de Maestría en Ciencias, 2016. 62p Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75851/37863247.2016.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

Conforme a lo anterior, fue necesario realizar un estudio acerca de los patrones diarios de actividad locomotora y alimentaria de la mojarra rayada (*E. plumieri*) y de esta manera contribuir al conocimiento de la biología de esta especie bajo condiciones controladas. Los objetivos del presente trabajo se realizaron dentro del marco del proyecto de investigación “Aspectos biológicos, estado de conservación y oportunidades para la acuicultura de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) y el róbalo (*Centropomus undecimalis*) en la Ciénaga Grande de Santa Marta” financiado por Minciencias y la Universidad del Magdalena (Contrato 610-2020). Al mismo tiempo, los objetivos del presente trabajo se encuentran articulados con las líneas de investigación del grupo de investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada (GIBEA), el cual han venido desarrollando investigaciones exitosas sobre el cultivo de peces en el Caribe colombiano.

3. MARCO REFERENCIAL

Según Blanco²², Aguilera²³ e INVEMAR²⁴, la Ciénaga Grande de Santa Marta – (CGSM), es el complejo lagunar estuarino más extenso de Colombia, el cual incluye complejos de ciénagas y caños de la Isla de Salamanca y Pajarales, se encuentra ubicada en el departamento del Magdalena, norte de Colombia. Con asiento de 14 municipios que derivan su sustento de forma directa e indirecta de los recursos que provee el ecosistema.

En la CGSM se utilizan alrededor de 13 denominaciones de artes o métodos de pesca, los cuales se aplican de acuerdo a recursos objetos de captura, por ejemplo el buceo para la extracción de almejas, ostras y caracoles, el palangre por lo general para la captura de chivos mapalé o cabezón (*Ariopsis canteri*), chinchorras y chinchorros para mojarra rayada (*E. plumieri*), nasas para jaibas, redes camaroneras (releo o garceo) para camarón, atarrayas y redes de enmalle (fijas o trasmallos, boliches y zangarreo) para la captura de peces diversos de acuerdo al comportamiento estacional de los mismos²⁵.

Según INVEMAR²⁶ la captura total extraída promedio anual en CGSM se encuentra en más de 4000 toneladas, con una variabilidad que se encuentra relacionada con un aumento en la salinidad del agua debido a la variación de precipitación y esorrentía.

3.1 GENERALIDADES DE *Eugerres plumieri*

Según Gualdrón “la taxonomía del género *Eugerres* es ampliamente inestable debido a la complejidad de los caracteres morfológicos y a la subjetividad en algunas descripciones de sus especies”²⁷. Siendo una excepción para el Caribe colombiano, donde se registra únicamente a *E. plumieri*, perteneciente a la familia

²² BLANCO, Jacobo, NARVÁEZ, Juan y VILORIA, Efraín. ENSO and the rise and fall of a tilapia fishery in northern Colombia. En: Fisheries Research. 2007. Vol. 88 No. 1. p. 100–108. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/223165912_ENSO_and_the_rise_and_fall_of_a_tilapia_fishery_in_northern_Colombia

²³ AGUILERA, María. Habitantes del agua: el complejo lagunar de la ciénaga Grande de Santa Marta (en línea). En: BanRep (Colombia): 2011 (Consultada: 25, noviembre, 2021). Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/467/1.%20Habitantes%20del%20agua.%20El%20complejo%20lagunar....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

²⁴ 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 (en línea). En: Invemar org (Santa Marta): 2019 (Consultada: 25, noviembre, 2021). Disponible en:

<http://www.invemar.org.co/documents/10182/0/Informe+CGSM+2019/349f9473-d122-495e-85ac-cdfc5333fe00>

²⁵ Ibid., p. 162

²⁶ Ibid., p. 163

²⁷ GUALDRÓN. Op. Cit., p. 9

Gerreidae, esta representa a un grupo de peces marinos perciformes cuya distribución abarca las costas de mares tropicales y subtropicales del continente americano, abarcando desde ambientes marinos hasta limnéticos.

De acuerdo con Dávila²⁸, actualmente la familia Gerreidae está conformada por seis géneros: *Diapterus*, *Eugerres*, *Eucinostomus*, *Gerres*, *Parequula* y *Pentaprion*, los que conjuntan alrededor de 53 especies, siendo así la clasificación taxonómica para *Eugerres plumieri*:

Tabla 1. Clasificación taxonómica para *Eugerres plumieri*

Reino	Animalia
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Craniata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
División:	Teoleostei
Subdivisión:	Euteleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Serie:	Percomorpha
Orden:	Percoformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Gerreidae (Günther, 1862)
Género:	<i>Eugerres</i> (Jordan y Evermann, 1927)
Especie:	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)

Fuente: el autor con base en Dávila, 2012

²⁸ DÁVILA, Alejandra. Evaluación del estatus taxonómico de la mojarra rayada (Pisces: Gerreidae: *Eugerres*) en el Caribe de Colombia. Trabajo de grado de maestría. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Biología. Programa de licenciatura en biología, 2012. 74p Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_davila_carrera.pdf

Figura 1. Mojarra rayada (*Eugerres plumieri*)



Fuente: Chasqui. 2017.

García²⁹ explica que la mojarra rayada *E. plumieri*, se caracteriza por ser una especie con cuerpo romboidal, lateralmente comprimido y alto; se distinguen por tener una boca protráctil, cabeza con escamas y superficie dorsal lisa y aleta dorsal furcada, Dávila, menciona que la coloración del “cuerpo es plateado, con color verde; matices azules en la parte posterior; rayas longitudinales en los lados del centro”³⁰. Es una especie marina eurihalina con capacidad de incursión en ambientes dulceacuícolas, y de acuerdo con Dávila “viven en aguas costeras poco profundas, con mayor frecuencia sobre fondos de fango y manglares en los arroyos y lagunas”³¹. Viloría, Acero y Blanco³² manifiestan que los máximos reportes biométricos de *E. plumieri* son 40 cm y 600 g, aunque generalmente se reportan hasta 25 cm, siendo 20 cm la talla media de madurez sexual (TMM). Los ciclos reproductivos se dividen en un período de maduración desde noviembre a mayo y desove de junio a septiembre; para Rueda y Santos³³ durante este último ciclo,

²⁹ GARCÍA, Ismael. Redescrición de cinco especies de mojarra (Perciformes: Gerreidae), del Pacífico Oriental. Trabajo de grado de pregrado. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Biología. Programa de licenciatura en biología, 2013. 74p Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_garcia_pioquinto.pdf

³⁰ DÁVILA. Op. Cit., p. 48

³¹ Ibid., p. 49

³² VILORIA, Efraín, ACERO, Arturo y BLANCO, Jacobo. 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? En: Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. 2012. Vol. 41 No. 2. p. 399–428. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n2/v41n2a08.pdf>

³³ GUALDRÓN. Op. Cit., p. 15

realizan migraciones de los estuarios hacia la zona costera en donde se liberan y fecundan los ovocitos³⁴. Esta especie es omnívora y eurífaga, que desempeña un importante rol de transporte o flujo y regulación de materia y energía del ecosistema.

Al mismo tiempo, Martínez et al.³⁵ ha identificado los diferentes artes de pesca utilizadas para su captura (atarraya, boliche, trasmallo) y las amenazas ambientales que diezmaron su población, en las últimas décadas relacionadas con cambios del medio físico, como clima, hidrología y obras civiles, también fue afectada por la erosión y la contaminación de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Benavides et al.³⁶ sostiene que en nuestro país se ha realizado hasta el momento un solo estudio sobre el mantenimiento de la especie en cautiverio, en el cual se observó la plasticidad de esta para adaptarse a condiciones controladas de laboratorio, sin embargo, obtuvieron significantes mortalidades en transporte y el proceso de aclimatación y adaptación, todo esto debido a la necesidad de un protocolo como tal, para minimizar esta variable.

3.2 RITMOS BIOLÓGICOS DE ACTIVIDAD EN PECES

Según Goldman³⁷ se han encontrado distintas investigaciones con respecto al comportamiento de los peces y los tipos de factores que influyen en sus ritmos circadianos y períodos de vida. Los estudios sobre ritmos biológicos iniciaron gracias a Helfman³⁸, el cual abrió esta importante línea de investigación. Lovato y Guardiola³⁹ afirman que los ritmos circadianos son ritmos biológicos que se manifiestan en ciclos de día y noche que pueden ser descritos como diurnos, nocturnos o crepusculares, según la adaptación de cada especie a las señales ambientales. Dentro de estas señales se encuentran los ciclos diarios de luz/oscuridad (fotoperiodo) que generan importantes variaciones tanto en la intensidad lumínica como en la temperatura (termoperiodo) y en la disponibilidad de

³⁴ RUEDA y SANTOS. Op. Cit., p. 157

³⁵ MARTÍNEZ, H., *et al.*, Evaluación de la selectividad del trasmallo en la pesquería artesanal de la zona deltaica estuarina del río Sinú, Caribe colombiano. 2006. Revista Intrópica, Vol. 3. No. 1. p. 33–41. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n2/v41n2a10.pdf>

³⁶ BENAVIDES, S., *et al.*, Avances en el mantenimiento de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* en laboratorio. (en línea). En: Semantic Scholar. 2015 (Consultada: 30, noviembre, 2021). Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/author/G.-H.-Ospina-Salazar/1419941960>

³⁷ GOLDMAN, Bruce. Mammalian photoperiodic system: Formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. En: Journal of Biological Rhythms. 2001. Vol. 16 No. 4. p. 283–301. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11506375/>

³⁸ HELFMAN, Gene. Patterns of community structure in fishes: summary and overview. En: Environmental Biology of Fishes. 1978. Vol. 3 No. 1. p. 129–148. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00006313>

³⁹ LOBATO, M y GUARDIOLA, V. Estudio de la actividad locomotora y alimentaria de juveniles de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) mediante un sistema de auto-demanda y registro de actividad. Colombia: Universidad de Magdalena, 2020. 120p.

alimento según Montoya et al.⁴⁰. Además, Sánchez⁴¹ considera que la enorme estabilidad de los cambios del fotoperiodo a lo largo del año para cada latitud, ha permitido que los animales utilicen dicha señal de modo preferente para conocer el paso de las estaciones.

Montoya et al.⁴² aclara que, en los ritmos de actividad alimentaria, conocer el horario en el cual los animales prefieren alimentarse tiene una implicación significativa en las piscifactorías, ya que les brinda a los acuicultores información base para el diseño de protocolos de alimentación, reduciendo así el estrés generado por la alimentación fuera de los horarios de actividad e incrementando la eficiencia del alimento. Concretamente, Montoya⁴³ ante la manifestación externa de la sincronización al alimento se conoce como actividad anticipatoria al alimento y se caracteriza por la elevación de la actividad motora algunas horas antes del momento de la alimentación.

Además de la sincronización conductual, Montoya manifiesta que también se produce “una sincronización de los ritmos fisiológicos y del reloj molecular al horario de alimentación”⁴⁴. Por ejemplo, en un estudio para conocer los ritmos de alimentación a demanda en la dorada *Sparus aurata*, se implementaron sensores fotoelectrónicos mediante los cuales se encontró un patrón de actividad locomotora diurna, aunque también por parte de Sánchez⁴⁵ se presentó dualismo en su comportamiento a medianoche, debido a la influencia del horario de alimentación y al fotoperiodo: ciclo de luz- oscuridad (LD), oscuridad constante (DD) y luz continua (LL).

Por otra parte, Lobato y Guardiola⁴⁶, realizaron un estudio sobre la actividad locomotora del róbalo *Centropomus undecimalis* bajo tres horarios de alimentación, mediante un sistema de registro continuo (24h) de actividad, integrado por sensores fotoelectrónicos y un computador en el cual se registró toda la información proveniente de nueve unidades experimentales, obteniendo como resultado un sistema eficiente que permitió identificar la actividad locomotora diaria crepuscular de la especie.

⁴⁰ MONTOYA, Ander *et al.*, Feeding time synchronises daily rhythms of behaviour and digestive physiology in gilthead seabream (*Sparus aurata*). En: Aquaculture. 2010. Vol. 206 No. 1. p. 315-321. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848610003881>

⁴¹ SÁNCHEZ. Op. Cit., p. 27

⁴² MONTOYA *et al.* Op. Cit., p. 317

⁴³ MONTOYA, Ander. Ritmos diarios de comportamiento alimentario y bienestar en la dorada (*Sparus aurata*). Trabajo de grado de pregrado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de ciencias de la salud. Programa de fisiología y farmacología, 2012. 66p Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/85063?locale-attribute=es>

⁴⁴ *Ibid.*, p. 12

⁴⁵ SÁNCHEZ. Op. Cit., p. 130

⁴⁶ LOBATO y GUARDIOLA. Op. Cit., p. 52

Las investigaciones realizadas hasta el momento sobre este tema ayudan a comprender cómo se llevan a cabo los procesos fisiológicos de un pez, tales como las de Goldman⁴⁷, donde la repetición de alimentación, actividad locomotora circadiana, la maduración sexual, la reproducción o los hábitos migratorios, entre otros.

De acuerdo con Arenas⁴⁸ en la mojarra rayada *E. plumieri*, el espectro trófico en CGSM es muy amplio, ya que se han encontrado 44 categorías alimentarias para esta especie, su alimentación en el medio natural la realiza en horas diurnas hasta finales de la tarde, teniendo como preferencia bivalvos, sin embargo, su actividad alimentaria está restringida al periodo de baja salinidad.

3.2.1 Comportamiento en peces. Según Botero y Biol, “la conducta alimentaria de los peces presenta una alta interdependencia con el medio acuático, su respuesta está asociada a la condición jerárquica, a la presencia de depredadores, a los movimientos de la corriente originada por los diferentes tipos de habitantes acuáticos”⁴⁹.

Calderer⁵⁰ sostiene que cuando el déficit de alimento es mínimo, el pez cambia de conducta y evita el riesgo, cuando las reservas son altas, se inclina por pocos riesgos y evita una variada fuente de alimentos a diferencia de lo que sucede cuando sus reservas son bajas, algo similar ocurre en los cultivos, cuando no hay diferencia en tallas de peces, todos se alimentan en iguales condiciones, pero cuando no es así, los animales más grandes consumen la mayor cantidad de alimento a diferencia de los pequeños, estos se alimentan en sitios más desfavorables y se alejan por las posibles agresiones que puedan recibir, es debido a menor tasa de crecimiento.

Como señala Botero⁵¹ los patrones de conducta alimentaria en peces dependen de muchos factores, y al mismo tiempo de la especie en particular, sin embargo, algunos estudios han sido aplicados en cultivos de algunas especies, lo que ha conllevado a mejorar la eficiencia alimenticia del pez y beneficios para el acuicultor, asegurando que el régimen alimentario (frecuencia, tamaño de la ración y tiempo empleado) se ajuste al consumo óptimo, crecimiento y conversión eficiente.

⁴⁷ GOLDMAN. Op. Cit., p. 45

⁴⁸ ARENAS, Pedro y ACERO, Arturo. Organización trófica de las mojarras (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). En: Revista de biología tropical. 2016. Vol. 40 No. 3. p. 287–302. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24545>

⁴⁹ BOTERO, Mónica y BIOL, Zoot. Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. En: Revista Secciones. 2003. Vol. 17 No. 1. p. 63-74. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025896009.pdf>

⁵⁰ CALDERER, Anna. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Trabajo de grado de pregrado. Barcelona: Universitat de Barcelona. Facultad de Biología Animal. Programa de Biología, 2001. 64p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/777/TOL7101.pdf>

⁵¹ BOTERO y BIOL. Op. Cit., p. 72

3.3 CALIDAD DEL AGUA

Según García⁵² el agua es uno de los recursos más importantes en la vida del planeta y los peces se adaptan muy bien en el medio acuático, su temperatura corporal depende de la temperatura del agua en la que estén (poiquilotermos) y son sensibles a los cambios de la misma. De acuerdo a explicaciones de Saavedra⁵³ la calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más primordiales destacan: temperatura, oxígeno disuelto, pH, entre otras. Estas propiedades influyen directamente en los aspectos productivos, reproductivos y comportamentales de los peces, por esta razón los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos como la especie lo requiera.

Según Bautista et al.,⁵⁴ la calidad del agua de la CGSM se encuentra en constante fluctuaciones en cuanto a parámetros fisicoquímicos, debido a que esta se ve afectada por diferentes factores como, cambio climático, acciones antropogénicas, además de la influencia de los ríos que desembocan en ella.

En general, mediante los años de monitoreo, se ha observado que el sistema tiene un comportamiento estuarino, donde hay marcados cambios de salinidad que van desde valores de cero hasta valores por encima incluso de la salinidad normal del agua de mar (35 ppt), como en zonas donde hay un registro máximo de 40,6 ppt, en épocas secas se reportan las mayores concentraciones de salinidad.

En cuanto a la concentración de oxígeno disuelto los datos reportados por Bautista et al.,⁵⁵ señalan que las concentraciones se encuentran por encima de los 4 mg.L⁻¹, por otra parte, la temperatura se encuentra en constantes cambios y así con muchos de los factores físicos y químicos de este lugar.

Las anteriores características definen un hábitat inestable, al cual las especies que viven en él deben adaptarse, tal es el caso de la mojarra rayada, esta presenta gran tolerancia a los cambios bruscos de este entorno.

⁵² GARCÍA, Gloria. Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la Tilapia roja. Trabajo de grado de pregrado. Neiva: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería ambiental, 2018. 97p Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20945>

⁵³ SAAVEDRA, María. Manejo del cultivo de la tilapia (En línea). En: CRC (Colombia): 2006 (Consultada: 26, diciembre, 2022). Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/manejo-del-cultivo-de-tilapia-cidea.pdf>

⁵⁴ BAUTISTA, Paola *et al.* 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. Informe Técnico Final 2010. (En línea). En: Aqua Docs. (Colombia): 2023 (Consultada: 20, enero, 2023). Disponible en: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/8027/Informe_CGSM_2010.pdf?sequence=1

⁵⁵ *Ibid.*, p. 39

3.4 TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

3.4.1 Prueba de Kruskal-Wallis. Según la Scientific European Federation of Osteopaths “En estadística, la prueba de Kruskal-Wallis (de William Kruskal y W. Allen Wallis) es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos”⁵⁶.

3.4.2 Pruebas Post Hoc. Para la Scientific European Federation of Osteopaths “Una vez que se ha determinado que existen diferencias entre las medias, las pruebas de rango post hoc permiten determinar qué medias difieren. La prueba de rango post hoc identifica subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí”⁵⁷.

3.4.3 Prueba χ^2 de Pearson.

La prueba χ^2 de Pearson se considera una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis. También se utiliza para probar la independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia. Cuanto mayor sea el valor de X^2 , menos verosímil es que la hipótesis nula (que asume la igualdad entre ambas distribuciones) sea correcta. De la misma forma, cuanto más se aproxima a cero el valor de chi-cuadrado, más ajustadas están ambas distribuciones.⁵⁸

⁵⁶ SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS. Pruebas no paramétricas (En línea). En: Sefo (Colombia): 2019 (Consultada: 8, enero, 2023). Disponible en: <https://bit.ly/3ZV0fPW>

⁵⁷ SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS. Pruebas POST HOC (En línea). En: Sefo (Colombia): 2019 (Consultada: 8, enero, 2023). Disponible en: <https://bit.ly/3HlzNYA>

⁵⁸ SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS. Pruebas no paramétricas. Op. Cit., p. 5

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Describir los patrones de ritmos diarios de actividad locomotora y alimentaria en la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) a través de un sistema de registro automático de demanda de alimento

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los patrones diarios de locomoción de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) bajo condiciones de laboratorio, mediante un sistema de registro automatizado de comportamiento.
- Describir los patrones diarios de alimentación de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*) bajo condiciones de laboratorio, a través de tres tratamientos de suministro de alimento.
- Evaluar el efecto de la alimentación sobre el desempeño de crecimiento y mortalidad de la mojarra rayada (*Eugerres plumieri*).

5. METODOLOGÍA

5.1 OBTENCIÓN Y TRANSPORTE DE EJEMPLARES

Para la presente investigación por medio de atarrayas fueron colectados ciento treinta (130) especímenes de mojarra rayada *E. plumieri*, por pescadores artesanales de la CGSM en el sector de Palmira con coordenadas geográficas 10°58'55,7" N y -74°18'29,1" W. Se trabajó con ejemplares de tallas y pesos entre 13,64 ± 0,07 cm de longitud total (LT) y 31,65 ± 0,66 g, respectivamente. Los ejemplares fueron transportados al Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Magdalena (sede principal) 11°13'24.82" N y -74°11'07.14" (Figura 2), dicha dependencia se encuentra dotada de un laboratorio de análisis de muestras y un laboratorio húmedo que cuenta con una batería de nueve tanques plásticos bajos y circulares de color negro, con capacidad 1m³, provistos de un sistema de circulación, filtración y oxigenación de agua dulce. Además, los tanques contaron con un sistema de estudio de comportamiento a través de sensores infrarrojos.

Figura 2. Granja acuícola experimental de la Universidad del Magdalena (sede principal) e imagen del hangar de acuicultura



Fuente: Google Maps. 2023

Para el transporte, los peces fueron introducidos en bolsas plásticas de 30 L, con agua del sitio de procedencia (CGSM a 3 ppt de salinidad), a razón de 25 peces por bolsa; cada bolsa fue inyectada con oxígeno puro y cerrada herméticamente. Para disminuir el estrés de los peces, cada bolsa fue introducida en recipientes plásticos de 60 litros. Al momento que los peces llegaron a las instalaciones del laboratorio de acuicultura, fueron aclimatados en canaletas provistas de agua del local, dejando flotar las bolsas por 30 minutos, con esto se logró regular gradualmente la temperatura. Al finalizar este periodo, los peces se distribuyeron homogéneamente y al azar, en los nueve tanques plásticos bajos (negros) de capacidad 1m³, provistos con 600 L de agua, a una salinidad de 1 ppt y melaza 0,04 mL.L⁻¹. (Figura 3).

Figura 3. Transporte de los ejemplares desde la CGSM al Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Magdalena (sede principal) (A, B, C), aclimatación de los peces (D)



Durante el transporte no se observaron mortalidades y el 100% de los peces presentó un comportamiento normal, sin signos de estrés (movimientos bruscos).

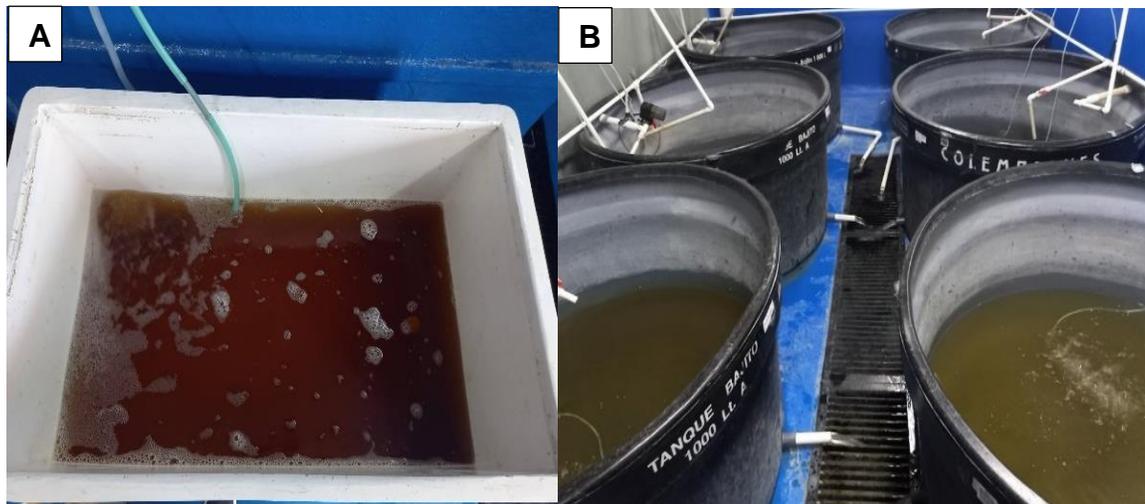
5.2 ACLIMATACIÓN Y ADAPTACIÓN A CAUTIVERIO

Los animales que ingresaron al laboratorio se sometieron a un proceso de aclimatación donde se ajustaron los niveles de temperatura, una vez regulado este parámetro se procedió a hacer la distribución de 12 peces por tanque, en los cuales se adicionó una solución de melaza y sal como se indica en la tabla 3. Ching⁵⁹ advierte que la aplicación de melaza ayudó a controlar los niveles de amonio, nitrito y pH del agua, y complementa Kubitza⁶⁰ que la adición de sal ayuda a contrarrestar el estrés, restaurar la osmorregulación, y prevenir y controlar las enfermedades, provenientes por hongos y bacterias. (Figura 4).

⁵⁹ CHING, Carlos. El uso de cal y melaza para el control de enfermedades en el cultivo de camarón (En línea). En: NICOVITA (Colombia): 2015, p. 55, (Consultada: 6, marzo, 2022). Disponible en: <https://aprenderly.com/doc/1850601/el-uso-de-cal-y-melaza-para-el-control-de-enfermedades-e>

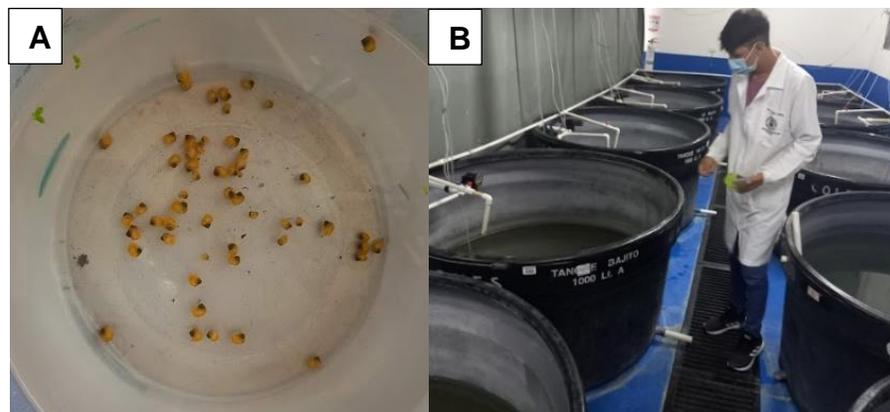
⁶⁰ KUBITZA, Fernando. La sal común es una herramienta útil en la acuicultura (En línea). En: Global Aquaculture Advocate (Brasil): 2016 (Consultada: 6, marzo, 2022). Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-sal-comun-es-una-herramienta-util-en-la-acuicultura-parte-1/?headlessPrint=AAAAPIA9c8r7gs8>

Figura 4. Proceso de adaptación de la especie a las condiciones de laboratorio. Mezcla de melaza y sal (A), tanques con presencia de melaza y sal (B).



Durante el periodo de adaptación al cautiverio, los peces se alimentaron inicialmente con caracol manzana (*Pomacea diffusa*), de modo que gradualmente se fue proporcionando dieta artificial (Mojarra 34% modificada, Itacol ®, Colombia), a través de tres suministros diarios a saciedad en un horario de 8:00, 14:00 y 18:00 horas (Figura 5).

Figura 5. Suministro de caracol manzana (A) y dieta artificial (Mojarra 34% modificada, Itacol ®, Colombia) (B) durante el proceso de adaptación a este alimento



La modificación del alimento comercial se realizó con el fin de asegurar una flotabilidad negativa que cumpliera con la condición demersal de la especie y sus hábitos alimenticios. Para ello, se realizó una molienda del alimento acompañado de la adición de espirulina en polvo, para luego ser humedecido y facilitar la

formación de pellets, dichos pellets se sometieron a un secado en horno a temperatura de 60°C por aproximadamente 24h, esto de acuerdo a los estudios de Toro⁶¹ (Figura 6), la adición de espirulina (NUTRISPI) se realizó ya que según estudios de Díaz y León⁶² provoca un aumento en la respuesta inmune en peces. Durante un pre ensayo y filmaciones se estandarizo el tamaño de los pellets de acuerdo a la apertura bucal de los peces, garantizando la aprensión del alimento.

Figura 6. Proceso de modificación del alimento artificial (Mojarra 34, Itacol ®, Colombia). Molienda (A), mezcla del alimento molido con 2% de espirulina (B), peletización manual (C), secado de los pellets (D), ajuste del tamaño en el peletizado (E) almacenamiento del alimento en bolsas (F)



En el proceso de aclimatación, adaptación al cautiverio y experimentación, los peces se mantuvieron bajo condiciones ambientales estables de temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad y fotoperiodo natural.

⁶¹ TORO, Ángela. Comida casera para peces de. [en línea]. Jan. 2020 [citado Oct, 2022]. Disponible en internet: <https://www.bekiamascotas.com/articulos/comida-casera-peces-acuario/>

⁶² DÍAZ, Juan y LEÓN, Julián. Utilización de espirulina *Spirulina maxima* en la alimentación de alevinos de trucha arco iris *Oncorhynchus mikyss*. Trabajo de grado de pregrado. Bogotá: Universidad LaSalle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de zootecnia, 2014. 74p Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/224/>

Durante el periodo de aclimatación, adaptación al cautiverio y experimentación se realizó el seguimiento diario de los parámetros fisicoquímicos, recambio de agua del 50% mañana, 30% tarde y limpieza de fondos y paredes cada vez que fue necesario. El fotoperiodo fue el natural (12 horas de luz, 12 horas de oscuridad) provisto tanto por luz natural (ventanas) como por la iluminación propia del laboratorio (lámparas fluorescentes) (Figura 7).

Figura 7. Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos (A), limpieza y recambio de agua (B)

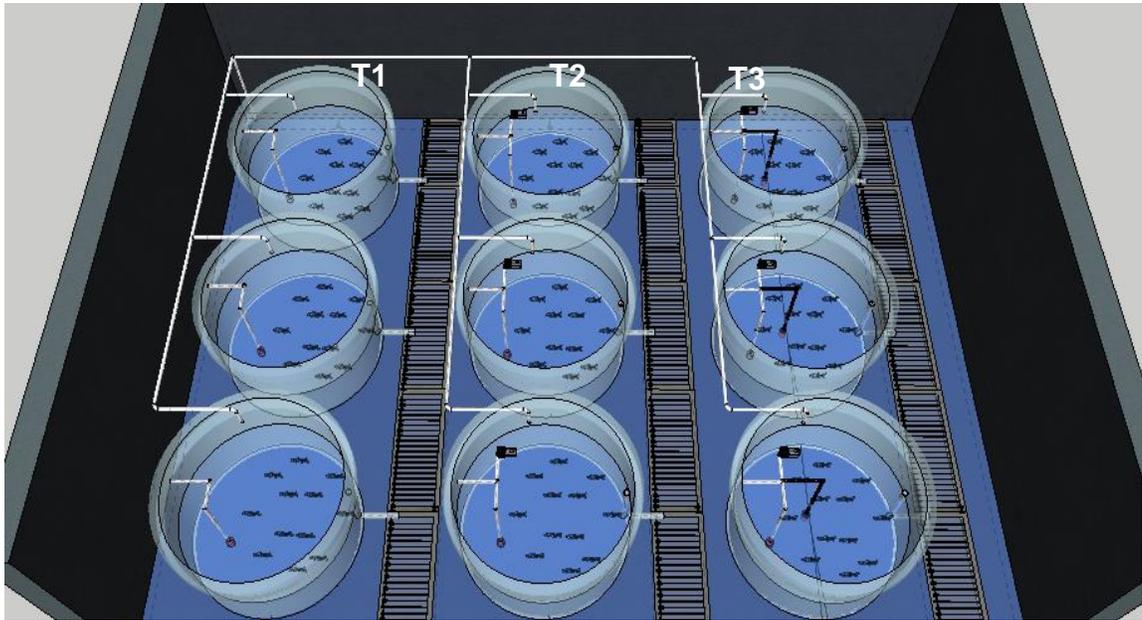


5.2.1 Diseño experimental. El bioensayo estuvo conformado por tres tratamientos según lo estipulado por Lobato y Guardiola⁶³, es decir, cada uno contó con tres réplicas provistas de un sistema de registro de actividad automático por medio de fotocélulas infrarrojas sumergidas. (Figura 8).

Los peces fueron distribuidos homogéneamente en cuanto a número de individuos, talla $13,64 \pm 0,07$ cm y peso $31,65 \pm 0,66$ g; y al azar en nueve tanques plásticos (12 peces por tanque), donde el bioensayo tuvo una duración de 60 días.

⁶³ LOBATO y GUARDIOLA. Op. Cit., p. 30

Figura 8. Sistema de tanques utilizados para la aplicación de los tres tratamientos y sus réplicas (SketchUp Pro2016)



Los tratamientos establecidos fueron:

Tratamiento 1 (T1): Suministro manual de alimento. Se realizó a sociedad en tres raciones diarias (08:00, 13:00 y 18:00 h), esto se realizó a partir de explicaciones de Lobato y Guardiola⁶⁴.

Tratamiento 2 (T2): Partiendo de Lobato y Guardiola⁶⁵, se suministró con alimentador automático, programado para brindar alimento periódicamente cada cuatro horas.

Tratamiento 3 (T3): Con base en los ensayos de Lobato y Guardiola⁶⁶, se tuvo en cuenta un sistema de auto-demanda de alimento el cual se llevó a cabo con un alimentador automático (comedero), que se activaba cada vez que los peces pasaban por la fotocélula, suministrando el alimento sólo cuando los animales lo soliciten.

⁶⁴ Ibid., p. 33

⁶⁵ Ibid., p. 34

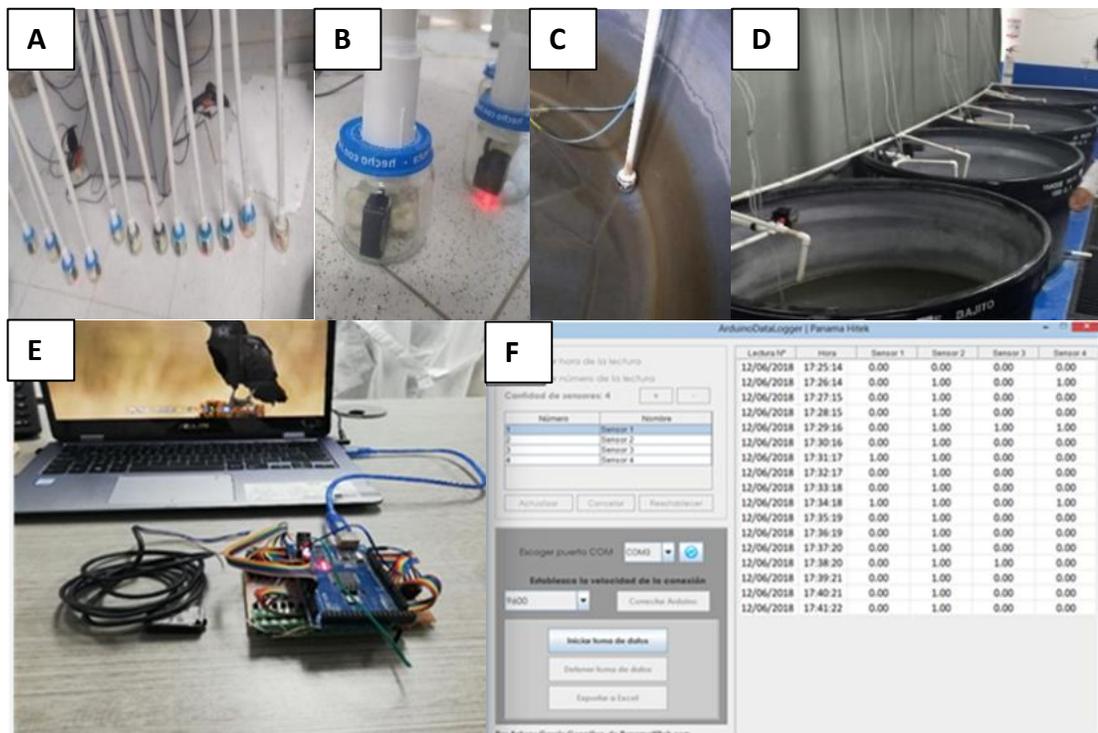
⁶⁶ Ibid., p. 32

5.2.2 Parámetros de evaluación. Se tuvieron en consideración los siguientes factores:

5.2.2.1 Sistema de control y monitoreo de la actividad locomotora y alimentaria. Con el sistema de control de registro en tiempo real y monitoreo electrónico se analizó la actividad locomotora y alimentaria de los peces a través de sensores con un alcance de 30 cm en forma lineal, los cuales se activaban según la proximidad de los peces, dicha información fue enviada y almacenada en un computador para su posterior análisis.

Este sistema suministró información las 24 horas del día acerca del número de movimientos ocurridos en todos los tratamientos y la activación del alimentador automático del tratamiento T3 (Figura 9). Diariamente, se calculó el alimento demandado por los peces en el tratamiento T3, a través del registro de su peso inicial (introducido en el comedero automático) y su peso final al finalizar las 24 horas.

Figura 9. Sistema de control y monitoreo. Montaje de sensores infrarrojos (A), sensor infrarrojo inactivo y activo (B), sensor infrarrojo en el tanque (C), distribución de sensores y alimentadores (D), conexión para envío de registros (E) almacenamiento digital de registros en el sistema (F)



Fuente: modificado de Navarro y López. 2020

5.2.2.2 Variables de comportamiento alimentario. A partir de registros y filmaciones (Cámara subacuática HERO 5, GoPro, EEUU) se analizó el comportamiento de los peces durante su alimentación, dichas variables se encuentran descritas en la (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios de evaluación para el comportamiento de mojarra rayada

Comportamiento	Criterio	T1			T2			T3		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Actividad alimentaria	[0, 20%)									
	[20, 50%)									
	[50, 80%)									
	[80,100%]									
Jerarquía	Todos se alimentan igual									
Área preferencial de alimentación	Organismos dominantes									
	Bordes del tanque									
	Centro									
	Superficie									
	Fondo									

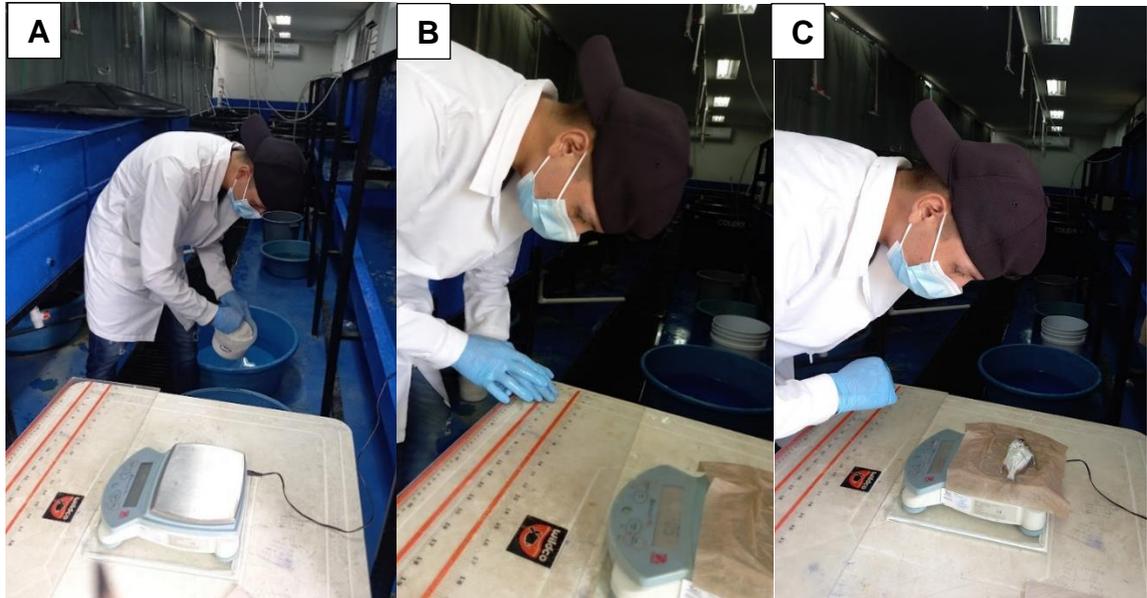
Fuente: autor con base en González. 2019

5.2.2.3 Variables de desempeño en crecimiento. Para evaluar las variables de desempeño en crecimiento, se realizaron biometrías al día 1 – 30 – 60 del periodo experimental, colectando todos los peces de cada unidad experimental (n=12, 36 peces por tratamiento) los peces no fueron anestesiados por la sensibilidad que estos presentan al compuesto químico (eugenol); la manipulación fue adecuada sin presencia de estrés.

Los registros de longitud total y peso se obtuvieron mediante el uso de un ictiómetro y una balanza digital (Lexus MIX-SL) respectivamente. Durante el proceso los animales fueron pesados sobre una toalla en húmedo. En cada biometría se aplicó un tratamiento profiláctico para la eliminación de posibles infecciones causadas por la manipulación de los peces a través de un baño de sal (4ppt) y azul de metileno 5% (2 gotas. L⁻¹), tal como se explica en el estudio de Cadena⁶⁷. (Figura 10).

⁶⁷ CADENA, Lilia. Evaluación de los efectos colaterales del azul de metileno en dosis terapéuticas en tilapia. Trabajo de grado de pregrado. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1994. 52p Disponible en: <http://132.248.9.195/pmig2016/0208500/0208500.pdf>

Figura 10. Preparación profiláctica con sal y azul de metileno (A), registro de talla (B) y registro de peso (C)



Con los registros biométricos se calcularon los siguientes parámetros de desempeño:

- **Tasa de crecimiento específica (TCE).** Polonía et al. ⁶⁸ brinda información acerca de la tasa de crecimiento diario o ganancia media de peso, por día.

$$TCE = 100 \left(\frac{\ln P_f - \ln P_i}{t} \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

LnP_f = Logaritmo natural del Peso final (g)
 LnP_i = Logaritmo natural del Peso inicial (g)
 t = Tiempo (días)

⁶⁸ POLONÍA, Carmen *et al.*, Efecto de tres dietas en el cultivo experimental del róbalo (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1792). En: Revista MVZ Córdoba. 2017. Vol. 22 No. 3. p. 6287-6295. Disponible en: <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/1133/pdf>

- **Ganancia de peso (GP).** Por su parte Mercado et al.⁶⁹ brinda información acerca de la ganancia de peso diario durante la experimentación.

$$GP = \left(\frac{P_f - P_i}{t}\right) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

P_f = Peso final (g)

P_i = Peso inicial (g)

t = Tiempo (días)

- **Ganancia de longitud (GL).** Mercado⁷⁰ afirma que ésta brinda información acerca de la ganancia de longitud diario durante la experimentación.

$$GL = \left(\frac{L_f - L_i}{t}\right) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

L_f = Longitud final (cm)

L_i = Longitud inicial (cm)

t = Tiempo (días)

- **Factor de condición de Fulton.** Por medio de este factor, Polonía⁷¹ manifiesta que es posible evaluar el estado de condición final de los peces mediante el índice de Fulton (K).

$$K = 100\left(\frac{W}{L^3}\right) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

W = Peso corporal húmedo (g)

L = Longitud (cm)

- **Factor de conversión alimenticia.** Saavedra⁷² menciona que por medio de este factor se brinda la eficiencia de los peces en transformar y asimilar el alimento.

$$FCA = \left(\frac{\text{Alimento suministrado (g)}}{\text{Ganancia en peso (g)}}\right) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

⁶⁹ MERCADO, Ingris *et al.*, Cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en jaulas flotantes a diferentes niveles de proteína. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2006. Vol. 19 No. 2. p. 204-211. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcpp/v19n2/v19n2a13.pdf>

⁷⁰ MERCADO *et al.* Op. Cit., p. 205

⁷¹ POLONÍA *et al.* Op. Cit., p. 6290

⁷² SAAVEDRA, María. Manejo del cultivo de tilapia (en línea). En: CRC (Costa Rica): 2006, p. 19. (Consultada: 10, enero, 2022). Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Además, se registró la mortalidad a lo largo y al final del experimento en todas las unidades experimentales, con base en la teoría de Mercado⁷³.

5.2.2.4 Parámetros fisicoquímicos del agua. Se realizaron monitoreos y registros diarios de los parámetros fisicoquímicos del agua, tomado registros dos veces por día (mañana y tarde) de todas las réplicas.

Las variables observadas fueron: temperatura, oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y salinidad (Multi 350i, WTW, Weilheim, Germany), además de realizarse un monitoreo de amonio (NH₃ -/ NH₄ +), nitritos (NO₂ -) y nitratos (NO₃ -) utilizando kits de determinación química (Quantix, Merck, Alemania).

5.2.3 Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza a una vía (ANOVA), con posterior verificación de los supuestos de homocedasticidad y normalidad, con las pruebas de Bartlett y Shapiro-Wilk.

En los casos que no se cumplieron los supuestos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con la finalidad de concluir si existían diferencias significativas entre tratamientos. Y, por último, se aplicó una prueba de múltiples rangos mediante un análisis Post Hoc, para determinar entre que de tratamientos existía diferencia.

Para las variables de comportamiento, intensidad de la actividad alimentaria, jerarquías y zonas de preferencia de alimentación, se realizó una prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2), con el fin de establecer si existió dependencia o independencia entre los tratamientos. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico Rstudio versión 4.2.2, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0,05$). Los datos están representados con su media \pm el error estándar.

⁷³ MERCADO *et al.* Op. Cit., p. 205

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El periodo de capturas presentó en la CGSM una temperatura promedio de $30,025 \pm 0,009^\circ\text{C}$, oxígeno disuelto $6,008 \pm 0,025 \text{ mg.L}^{-1}$, pH $7,664 \pm 0,003$ y salinidad $12,296 \pm 0,035 \text{ ppt}$.

En el proceso de captura y transporte se ajustaron algunas etapas, entre ellas; baja salinidad en el hábitat, no utilizar sedantes, no más de 25 peces por bolsa, lo anterior permitió lograr el 0% de mortalidad y 100% de comportamiento normal (animales tranquilos) en 130 ejemplares ingresados y aclimatados en el laboratorio.

6.1 ACLIMATACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAUTIVERIO

En el proceso de aclimatación, se seleccionaron 108 ejemplares con tallas y pesos promedios entre $13,64 \pm 0,07 \text{ cm}$ de longitud total (LT) y $31,65 \pm 0,66 \text{ g}$, respectivamente, estos se distribuyeron en nueve tanques plásticos de 1 m^3 , los cuales contaban con una solución de melaza y sal, el tiempo de aclimatación durante los primeros seis días, con alrededor del 7,7% de mortalidad total (Tabla 3) y el tiempo de adaptación al alimento modificado tardó 15 días. Los peces que no se encontraron en las tallas requeridas fueron descartados y se dejó un lote restante por las posibles mortalidades durante el periodo de aclimatación y adaptación al cautiverio.

Tabla 3. Mortalidad bajo diferentes concentraciones de melaza y salinidad en el proceso de aclimatación (primeros 6 días).

Día	Concentración melaza (mL.L^{-1})	Salinidad ppt	% Mortalidad
1	0,04	1	0,0
2	0,04	1	0,0
3	0,02	0,5	1,5
4	0,02	0,5	3,1
5	0,01	0,3	3,1
6	0	0	0,0
Mortalidad total			7,7

Una condición igualmente importante para que una especie pueda ser considerada como óptima candidata para la acuicultura es su nivel de actividad y tolerancia al transporte, manipulación y aclimatación a nuevas condiciones ambientales. En el presente estudio se comprobó que la especie no presenta comportamientos de estrés, evidenciados por movimientos saltatorios y bruscos, que llegasen a poner en peligro a los peces por heridas, golpes o saltos fuera de los tanques. El uso de

melaza, provisto por Ching⁷⁴ en su estudio, fue efectivo para la manipulación y su rápida adaptación al sistema de tanques utilizados, asegurando una óptima ejecución del estudio.

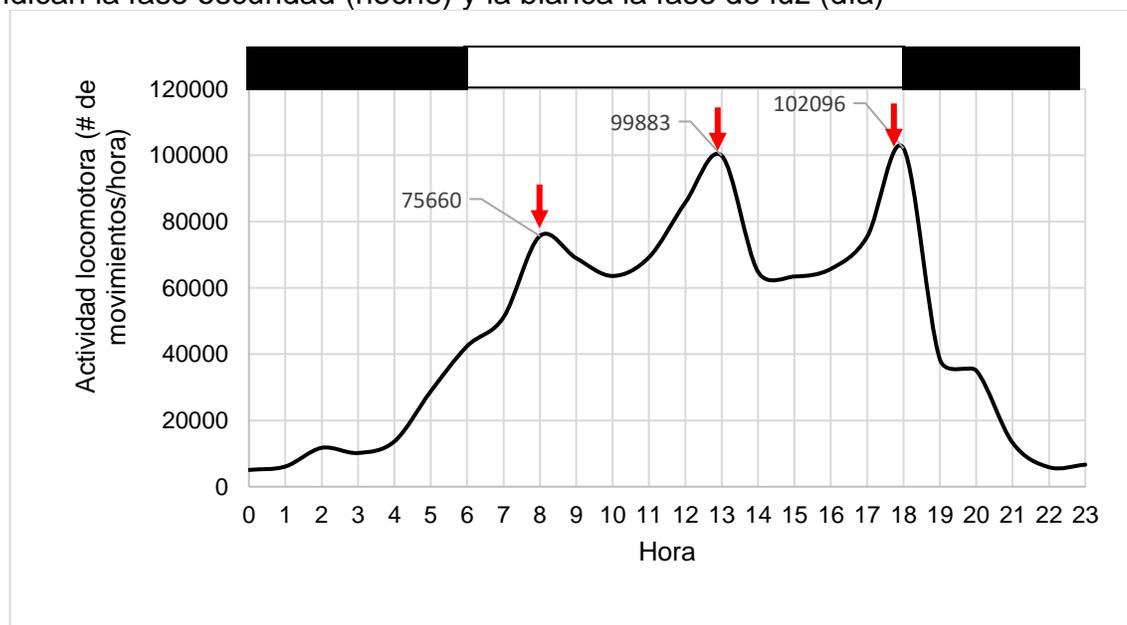
6.2 MONITOREO DE LA ACTIVIDAD LOCOMOTORA Y AUTOALIMENTARIA

Independientemente del horario de alimentación, el comportamiento locomotor de los peces incrementaba antes del amanecer, se sostenía durante las horas del día, y disminuía hacia el anochecer.

En cuanto al tratamiento T1, la cantidad de pasajes que se denominaran movimientos registrados por unidad de tiempo (mov/h), fue menor que los encontrados en los tratamientos T2 y T3; además, se observaron tres picos máximos de actividad a las 08:00 h, 13:00 h y 18:00 h (75.660, 99.883 y 102.096 mov/h respectivamente).

Dicha actividad coincidió con los tiempos establecidos para la alimentación, una vez cumplido el suministro de las 18:00 h, la actividad locomotora cayó abruptamente, manteniéndose baja hasta su incremento en las horas de la madrugada. (Figura 11).

Figura 11. Descripción de la actividad locomotora de la mojarra rayada en el tratamiento T1 (suministro manual de alimento a saciedad a las 08:00 h, 13:00 h y 18:00 h). Las flechas representan los horarios de alimentación, las barras negras indican la fase oscuridad (noche) y la blanca la fase de luz (día)

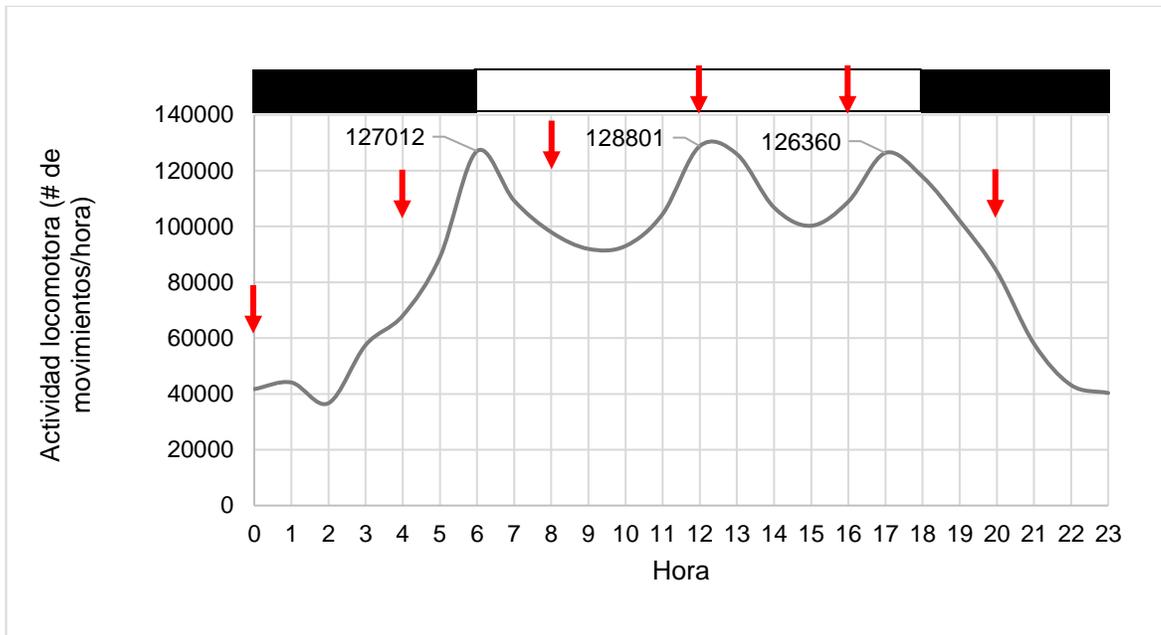


⁷⁴ CHING, Carlos. El uso de cal y melaza para el control de enfermedades en el cultivo de camarón (En línea). En: NICOVITA (Colombia): 2015, p. 55, (Consultada: 6, marzo, 2022). Disponible en: <https://aprenderly.com/doc/1850601/el-uso-de-cal-y-melaza-para-el-control-de-enfermedades-e>

En relación con el tratamiento T2, los picos de actividad locomotora se observaron similar al tratamiento T1, con mayor actividad durante el día y tres picos marcados a las 06:00, 12:00 y 17:00 h, en las cuales se presentó 127012, 128801 y 126360 mov/h respectivamente.

En general, los peces de este tratamiento tuvieron mayor actividad de locomoción que el tratamiento T1, y menor actividad frente al tratamiento T3. La actividad en el tratamiento T2, decae pasadas las 17:00 h. (Figura 12).

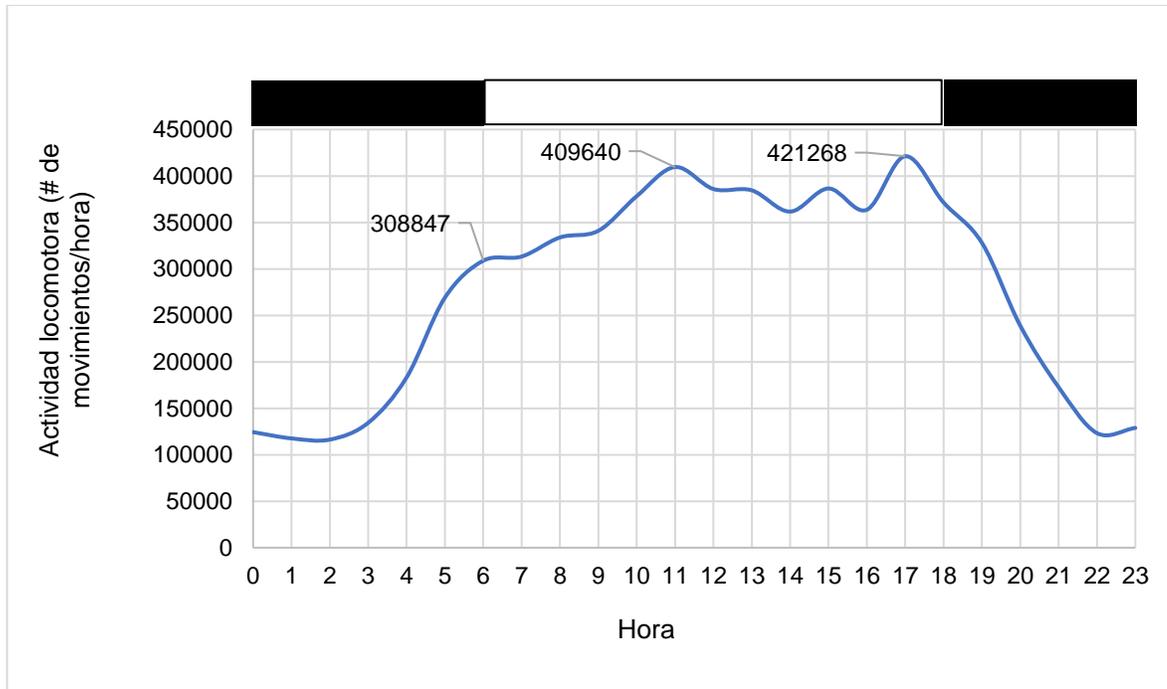
Figura 12. Representación de la actividad locomotora de la mojarra rayada en el tratamiento 2 (alimentación programada cada 4 horas/día). Las flechas representan los horarios de alimentación, las barras negras indican la fase oscuridad (noche) y la blanca la fase de luz (día)



En cuanto al tratamiento T3, se evidencio un registro de actividad locomotora mayor a los tratamientos T1 y T2, siendo los picos más altos (409.640 y 421.268 mov/h) a las 11:00 h y 18:00 h respectivamente, pero menos agudos y marcados, lo cual contrasta con los tratamientos anteriores.

Es así como la actividad locomotora de los peces aumentaba paulatinamente a partir de la madrugada; entre las 06:00 h y las 17:00 h la actividad se mantuvo entre los 308.847 y 421.268 mov/h. Posteriormente, la actividad disminuía drásticamente hasta las 22:00 h. En este caso se pudo demostrar que la actividad locomotora está estrechamente relacionada con la fase de luz. (Figura 13).

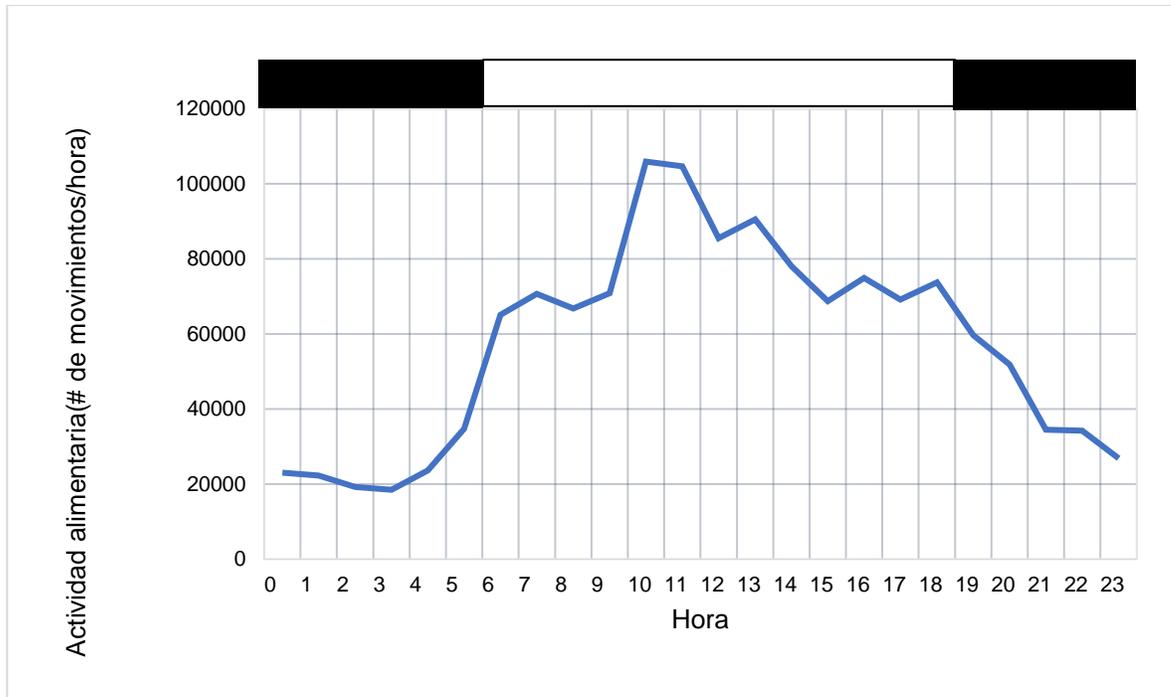
Figura 13. Actividad locomotora de la mojarra rayada en el tratamiento 3 (sistema de auto-demanda de alimento). Las barras negras indican la fase oscuridad (noche) y la blanca la fase de luz (día)



Además, en el tratamiento T3, se evidenció el registro del comportamiento alimentario, mostrando picos representativos que aumentaron considerablemente hacia la mañana 06:00 h, llegando a su máxima actividad a las 11:00 h y empieza a decrecer alrededor de las 18:00 h.

Según el sistema de activación del auto-alimentador, el cual era actuado por los propios peces, se registró que es una especie con tendencia creciente de alimentación y comportamiento locomotor durante el día, demostrando actividad estrechamente relacionada con la fase de luz. (Figura 14).

Figura 14. Actividad alimentaria de la mojarra rayada en el tratamiento 3 (sistema de auto-demanda de alimento). las barras negras indican la fase oscuridad (noche) y la blanca la fase de luz (día)



El sistema de monitoreo del comportamiento alimentario solo fue implementado en el tratamiento T3 y fue evaluado por medio de sensores infrarrojos, en los tratamientos T1 y T2, solo se evaluaron comportamientos de locomoción, sin embargo, mediante videos y la observación se tomaron datos de cómo se comportaban los peces en los horarios establecidos de suministro de alimento presentados en el siguiente ítem a continuación.

Stephan⁷⁵, Vera, Madrid y Sánchez⁷⁶ afirman que, el sistema circadiano de los peces es altamente flexible, indicando que los horarios de alimentación pueden representar un factor de sincronización del comportamiento, incluso cuando dichos horarios son restringidos, los animales sincronizan sus ritmos fisiológicos y de comportamiento para prepararse a la llegada del alimento, este fenómeno según

⁷⁵ STEPHAN, Frederick. The "Other" Circadian System: Food as a Zeitgeber. En: Journal of Biological Rhythms. 2002. Vol. 17 No. 4. p. 284-292. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/074873040201700402>

⁷⁶ VERA, L, MADRID, F y SÁNCHEZ, F. Locomotor, feeding and melatonin daily rhythms in sharpnout seabream (*Diplodus puntazzo*). En: Physiology and Behavior. 2006. Vol. 88 No. 44593. p. 167-172. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.03.031>

Vera et al.⁷⁷ se ha demostrado en peces, tomando el nombre de actividad anticipatoria al alimento. En el presente estudio se logró determinar que, el horario de alimentación no afectó al comportamiento de *E. plumieri*, dado que, en todos los tratamientos, este fue mayoritariamente diurno, incluso bajo el tratamiento 2, que también suministraba alimento durante la noche. Además, se observó claramente en el tratamiento T3 (auto-demanda), como en la noche la actividad locomotora y alimentaria se redujeron al mínimo.

El tratamiento T3 (auto-demanda), por su parte, sirvió para constatar la actividad de locomoción, demostrando que el comportamiento estándar de la especie es netamente durante el día, así mismo, su actividad por alimentarse se encuentra marcada durante las horas de luz, indicando un comportamiento constante y sin picos, lo cual puede ser bueno en el sentido de que los peces no están en continuo aprestamiento para la hora de alimentación, sino que se alimentan cuando quieren, razón por la cual, además, se obtuvieron mejores índices de desempeño en este tratamiento T3.

Los resultados obtenidos demuestran que la mojarra rayada *E. plumieri*, es un pez activo durante la fase de luz en cuanto a su actividad locomotora y alimentaria, a diferencia de otra especie como es la dorada *Brycon moorei* que dicho comportamiento se ve reflejado durante las 24 horas del día⁷⁸. La mojarra rayada demostró un incremento de la intensidad locomotora durante la actividad alimentaria, siendo esta independiente del protocolo de alimentación implementado (tratamientos T1 y T2). Su fácil adaptación a nuevas condiciones, favorecen tanto al paso hacia una dieta comercial como su adiestramiento para la utilización del sistema de auto-demanda, lo cual se logró fácilmente, durante los 15 días de aclimatación.

6.3 COMPORTAMIENTO ALIMENTARIO

6.3.1 Intensidad de la actividad alimentaria. En la Figura 15 se registró la actividad alimentaria de los peces, en el tratamiento T3 se observó una predominante actividad entre 20 y < 80%, y solo en los tratamientos T1 y T2, fue posible evidenciar actividad <20% y ≥80%.

Dentro del sistema de auto-demanda de alimento se evidencio que únicamente el tratamiento T3 mostró porcentajes de actividad <50% y ≥80%, debido a que los animales siempre disponían de alimento cuando activaban el comedero por medio

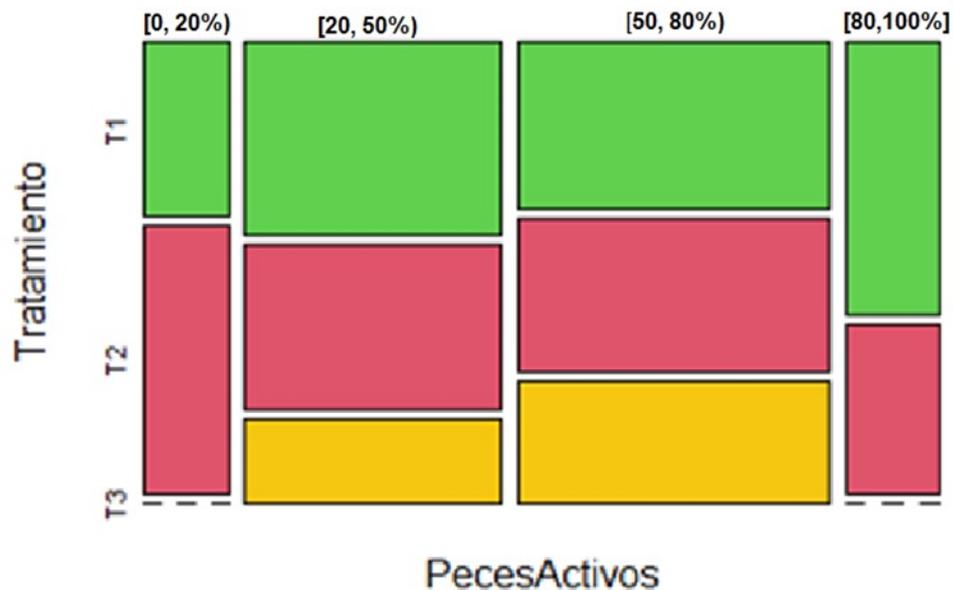
⁷⁷ VERA, L. *et al.*, Feeding entrainment of locomotor activity rhythms, digestive enzymes and neuroendocrine factors in goldfish. En: Physiology and Behavior. 2007. Vol. 90 No. 2. p. 518–524. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.10.017>

⁷⁸ DUICA, Fernando. Estudio del efecto de tres horarios de alimentación sobre el comportamiento de juveniles de dorada *Brycon moorei* (steindachner, 1878), mediante un sistema de monitoreo electrónico integrado. Colombia: Universidad de Magdalena, 2022. 29p.

del sensor infrarrojo, a diferencia de los tratamientos T1 y T2 que disponían de alimento según los horarios determinados, generando más competitividad.

Lo registrado en los tres tratamientos dentro de los 4 rangos de actividad alimentaria muestra dependencia, ya que la prueba de Chi-cuadrado registra la existencia de misma con un nivel del 5% de significancia ($X^2= 69,994$ y $p_valor=0,000$).

Figura 155. Evaluación del comportamiento alimentario de la mojarra rayada por tratamiento durante los días de estudio, (T1: Barra verde, T2: Barra morada y T3: Barra amarilla)



De acuerdo con Herrero⁷⁹ una de las técnicas para estudiar el comportamiento de los peces es la observación o la grabación en video; en este estudio los peces fueron filmados con cámaras subacuáticas, además de aplicarse observaciones directas que permitieron establecer el bajo nivel de jerarquías y dominancia en la especie independientemente de los tratamientos aplicados. Lo anterior es especialmente interesante en el tratamiento T3, ya que, como lo sugieren Alanärä y Brännäs⁸⁰ en este tipo de sistemas suelen haber individuos más activos o líderes de grupo, que activan los comederos no sólo para alimentarse a sí mismos, sino también para alimentar al resto de los individuos del tanque. Al mismo tiempo, para Alanärä y

⁷⁹ HERRERO, María. Ritmos de actividad motora, comportamiento alimentario e influencia de la melatonina exógena en peces teleósteos. Trabajo de grado de doctorado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de Ciencias. Programa de fisiología, 2007. 204p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10856/HerreroRamon.pdf?sequence=1>

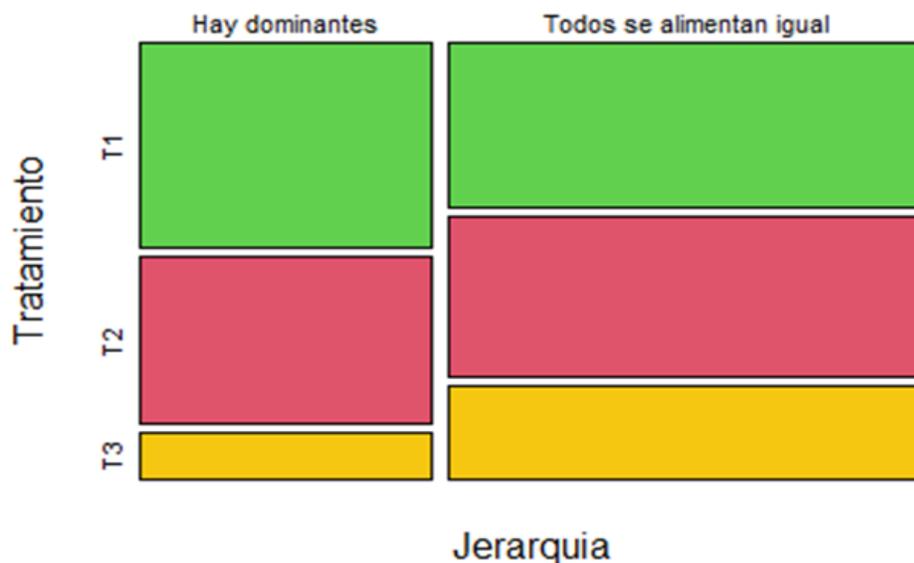
⁸⁰ ALANÄRÄ, Anders y BRÄNNÄS, Eva. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: the effect of stocking density. En: Fish Biology. 1996. Vol. 48 No. 2. p. 242-254. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01116.x>

Brännäs⁸¹ en otra de sus investigaciones, las jerarquías suelen desarrollarse en algunas especies de peces que conviven en cardúmenes, donde los individuos menos competitivos pueden ser desplazados hacia horarios de alimentación más desfavorables (noche), probablemente para evitar competencia intraespecífica.

6.3.2 Jerarquía. Las variables evaluadas dentro de la jerarquía muestran ser diferentes entre tratamientos. En el tratamiento T3 se registró menor dominancia con un 24,000±1,167% ya que el 76,000±1,167% se alimentaron igual, a diferencia de los tratamientos T1 y T2 donde se evidencio con un 44,000±0,833% y 39,000±0,333% respectivamente mayor dominancia, a pesar de ello los porcentajes de peces que se alimentaron igual fue del 56,000±0,833% y 61,000±0,333% respectivamente (Figura 16).

Lo registrado en los tres tratamientos dentro de los criterios de jerarquía muestran dependencia, ya que la prueba de Chi-cuadrado registra la existencia de misma con un nivel del 5% de significancia ($\chi^2=15,958$ y $p_valor=0,000$).

Figura 16. Evaluación del comportamiento jerárquico de mojarra rayada por tratamiento durante los días de estudio, (T1: Barra verde, T2: Barra morada y T3: Barra amarilla).



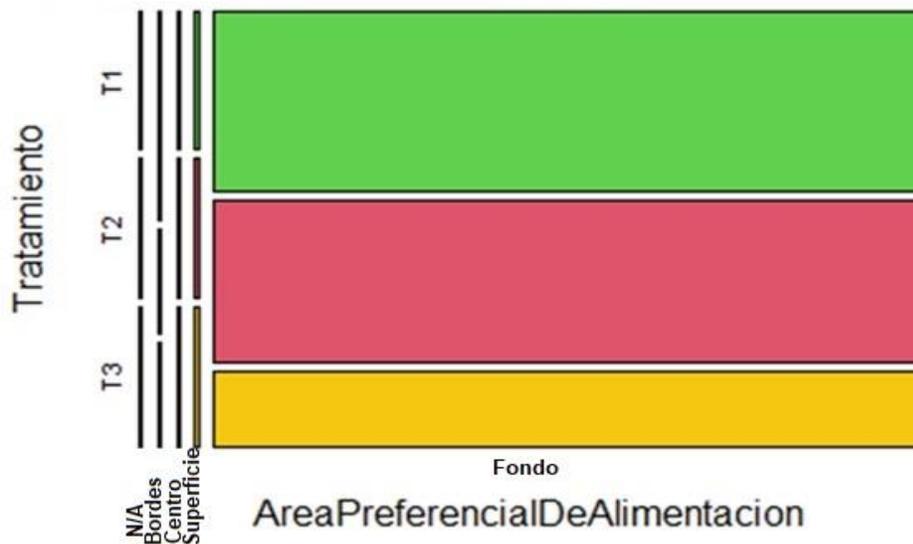
⁸¹ ALANÄRÄ, Anders y BRÄNNÄS, Eva. Diurnal and nocturnal feeding activity in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1997. Vol. 54 No. 12. p. 2894–2900. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/f97-187>

Como lo recomienda Herrero⁸², en el presente estudio fue registrado el comportamiento jerárquico, donde fueron pocos los comportamientos dominantes observados, que generalmente tuvieron aquellos peces de mayor tamaño. La baja existencia de comportamientos dominantes y/o jerárquicos demuestran que la mojarra rayada es una especie apta para mantener en condiciones de cultivo, incluso con la instalación de comederos automáticos a demanda.

6.3.3 Área preferencial de alimentación. En la Figura 17, se observa que en los tres tratamientos los peces mostraron una marcada preferencia por alimentarse en el fondo, correspondiente al $96,000 \pm 1,000\%$, de esta manera, la actividad registrada en los tratamientos dentro de cada uno de los niveles de actividad fue igual.

La prueba de Chi-cuadrado (χ^2) con un nivel de significancia del 5% ($X^2= 1,747$ y $p_valor=0,988$), arroja independencia entre la zona de preferencia y los tratamientos, lo que indica que los peces siempre consumirán alimento del fondo sin importar el tipo de alimentación (tratamientos).

Figura 17. Área preferencial al momento de la alimentación, (T1: Barra verde, T2: Barra morada y T3: Barra amarilla)

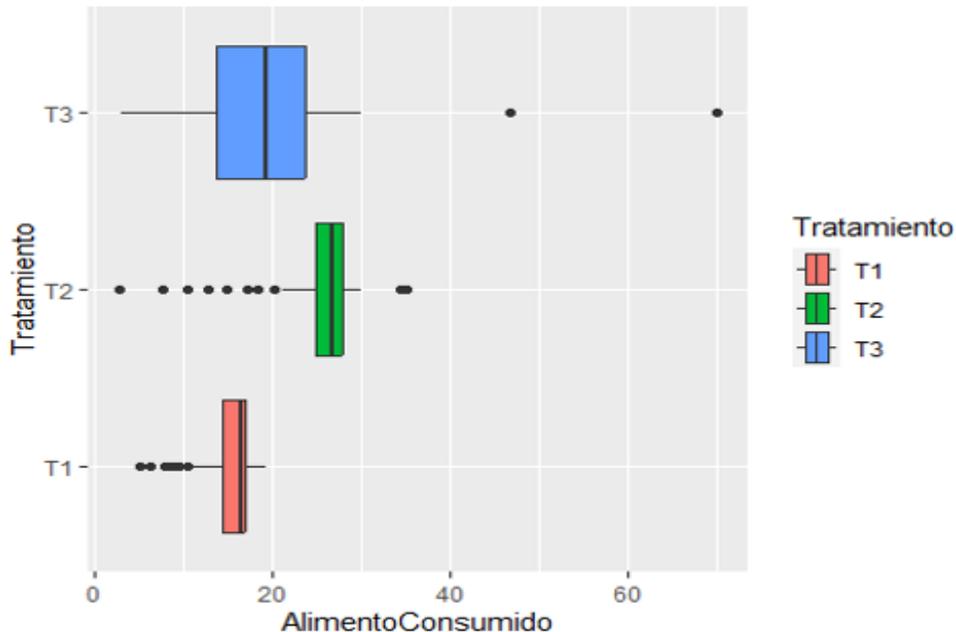


⁸² HERRERO, María. Ritmos de actividad motora, comportamiento alimentario e influencia de la melatonina exógena en peces teleósteos. Trabajo de grado de doctorado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de Ciencias. Programa de fisiología, 2007. 204p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10856/HerreroRamon.pdf?sequence=1>

Arenas y Acero⁸³ en conjunto con el estudio de Randall⁸⁴, indican que las mojarras en el medio natural son principalmente consumidores bentónicos, con una boca protráctil que les permite alimentarse de invertebrados que hacen parte de la infauna, como son bivalvos, gasterópodos, crustáceos e insectos. Gómez et al.,⁸⁵ afirma que la alimentación de esta especie bajo condiciones controladas se debe realizar con una dieta de baja expansión (flotabilidad negativa). En el presente estudio, la evaluación de áreas de preferencia de alimentación coincide con el comportamiento antes descrito, el cual fue similar en los tres tratamientos, demostrando que la especie prefiere alimentarse del fondo. Durante las filmaciones realizadas, se evidenció además que esta especie deja caer el alimento hasta el fondo para luego consumirlo.

6.3.4 Alimento demandado. En la evaluación de dicho parámetro se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en donde, se evidenció la media de consumo de alimento por día, para el tratamiento T1 (15,185±0,246 g.día⁻¹), T2 (25,119±0,889 g.día⁻¹) y T3 (20,753±1,602 g.día⁻¹), presentando la media más alta en el tratamiento T2 y mayores rangos de alimentación en el tratamiento T3, mediante la prueba de comparación de rangos múltiples Post Hoc (H= 80,598 y p_valor = 0,000). (Figura 18).

Figura 18. Media de consumo de alimento por tratamiento durante el experimento



⁸³ ARENAS y ACERO. Op. Cit., p. 189

⁸⁴ RANDALL, J. Food Habits of Reef Fishes of the West Indies. En: Environmental Science, Biology. 1967. Vol. 5 No. 5. p. 665–847. Disponible en: <https://www.aoml.noaa.gov/general/lib/CREWS/Cleo/PuertoRico/prpdfs/randall-habits.pdf>

⁸⁵ GÓMEZ et al., Op. Cit, p. 10

De acuerdo con los datos obtenidos se logró determinar que la mojarra rayada consume alimento independiente del sistema de alimentación al que esté sometida, sin embargo, en el tratamiento T3 consumir alimento cuando los animales lo requieran es una de las grandes ventajas debido al sistema empleado. Como lo señala Arcila⁸⁶ el uso de alimentadores automáticos trae muchas ventajas entre ellas, mejora en el factor de conversión alimenticia, aumento en las tasas de crecimiento, reducción en pérdidas por alimento no consumido, ahorro significativo de mano de obra, bajos costes de mantenimiento, programación y control total por software y operación 24/7.

6.4 INDICADORES DE DESEMPEÑO

Según como se muestra en la (Tabla 4), los resultados evidenciaron que la TCE fue mayor en el tratamiento T3 ($0,221 \pm 0,060$ g.día⁻¹), presentando los niveles más altos con respecto a los tratamientos T1 y T2, los cuales presentaron un menor crecimiento en gramos por día, sin embargo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos mediante la prueba de comparación de rangos múltiples Post Hoc ($H = 19,355$ y $p_valor = 0,000$) (Ver Anexo F y Anexo G).

En cuanto a los cálculos realizados para GP, se observó que esta fue mayor en el tratamiento T3 ($0,864 \pm 0,497$ g.día⁻¹) con respecto a los demás tratamientos, sin embargo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos mediante la prueba de comparación de rangos múltiples Post Hoc ($H = 18,489$ y $p_valor = 0,000$) (Ver Anexo H y Anexo I). De la misma forma, los cálculos realizados para GL, indican que solo existen diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento T2 ($0,004 \pm 0,001$) con respecto al tratamiento T3 ($0,015 \pm 0,003$), siendo el tratamiento T3 donde el crecimiento en talla fue mayor, mediante la prueba de comparación de rangos múltiples Post Hoc ($H = 7,222$ y $p_valor = 0,005$) (Ver Anexo J y Anexo K). El factor de condición K por su parte solo presentó diferencias significativas entre el tratamiento T2 ($1,075 \pm 0,269$) con respecto al tratamiento T3 ($1,232 \pm 0,044$), siendo mayor el tratamiento T3, mediante la prueba de comparación de rangos múltiples Post Hoc ($H = 5,489$ y $p_valor = 0,028$) (Ver Anexo L y Anexo M).

Por otra parte, el FCA, presentó diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento T3 ($1,236 \pm 0,161$), con respecto a los demás tratamientos, demostrando que los peces necesitaron una menor cantidad de alimento siendo mejor aprovechado y convertido en biomasa, mediante la prueba de comparación de

⁸⁶ ARCILA, Jaime. Diseño y construcción de un sistema de alimentación automático para peces de 200 kg de capacidad, provisto por energía solar fotovoltaica para la granja piscícola Asociación Propaz en Mesetas (Meta). Trabajo de grado de pregrado. Bogotá: Universidad Antonio Nariño. Facultad de comercio internacional, integración, administración y economía empresarial. Programa de ingeniería electromecánica, 2021. 109p Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5730>

rangos múltiples Post Hoc ($H = 18,200$ y $p_valor = 0,000$) (Ver Anexo 14 y Anexo 15).

Tabla 4. Resumen estadístico de las variables zootécnicas durante los días de experimento, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos

Tratamiento	Tasa de crecimiento específica (TCE) (g.día ⁻¹)	Ganancia de peso (GP) (g.día ⁻¹)	Ganancia de longitud (GL) (cm.día ⁻¹)	Factor de condición de Fulton (K)	Factor de conversión alimenticia (FCA) (Kg)
Promedio ± Error estándar					
T1	0,078±0,004 a	0,292±0,039 a	0,010±0,002 ab	1,228±0,016 ab	2,543±0,181 a
T2	0,049±0,003 b	0,210±0,032 b	0,004±0,001 a	1,075±0,269 a	2,273±0,389 a
T3	0,221±0,060 c	0,864±0,497 c	0,015±0,003 b	1,232±0,044 b	1,236±0,161 b

Durante la fase de experimentación, se evidenció una mayor TCE en el tratamiento T3 (0,221±0,060 g.día⁻¹), según un estudio realizado por Gómez et al.,⁸⁷ los datos reportados en esta especie sobre esta variable se encontraron entre 0,0002 y 0,0007 g.día⁻¹ a salinidades mayores a 30 ppt. Ante esto, Martínez, Martínez y Ramos⁸⁸ consideran que los parámetros de producción están relacionados con el tipo de dieta suministrada, el estado fisiológico del pez, la calidad de agua, la edad, el sexo, el estrés y factores externos, por lo que es evidente que esta especie crece mejor en agua dulce o posiblemente a baja salinidad, como demuestran los datos obtenidos en este estudio. Al mismo tiempo, se debe considerar la calidad del alimento suministrado por el anteriormente citado estudio y otros parámetros como biomasa por unidad experimental, biometrías iniciales y otros factores ambientales diferentes a la salinidad.

De esta manera se indica que en general, los valores obtenidos sobre GP fueron mayores en el tratamiento T3 (0,864±0,497g.día⁻¹), este dato muestra ser sobresaliente en comparación al estudio mencionado por Gómez et al.⁸⁹ donde, los resultados de aquellos datos se encontraban en rangos de 0,003 – 0,007 g.día⁻¹. Con respecto al aumento en longitud, los datos reportados por Olaya y Appeldoorn⁹⁰ para la especie en su medio natural, estos son de 0,78 cm.año⁻¹, es decir 0,002 cm.día⁻¹; en contraste, el presente estudio registró una ganancia en talla de 0,015±0,003 cm.día⁻¹ observado en el tratamiento T3, por lo que se puede inferir

⁸⁷ GÓMEZ et al., Op. Cit, p. 11

⁸⁸ MARTÍNEZ, Marcel, MARTÍNEZ, Luis y RAMOS, Rogelio. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. En: REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2009. Vol. 10 No. 1. p. 1-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617128022.pdf>

⁸⁹ GÓMEZ et al., Op. Cit, p. 11

⁹⁰ OLAYA, C., y APPELDOORN, R. Edad y Crecimiento de la Mojarra Rayada, *Eugerres prumieri* (Cuvier), en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia (En línea). En: Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute (Colombia): 2004 (Consultada: 10, junio, 2022). Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/29577>

que la especie creció bajo óptimas condiciones controladas en laboratorio y que el alimento comercial modificado cumplió con las demandas energéticas de los peces en cuanto a su conversión a tamaño se refiere.

El factor de condición K de Fulton, es utilizado para comparar la "condición" o "bienestar" de un pez, basándose en que los peces de mayor peso, a una determinada longitud, presentan una mejor condición; según los resultados de Froese⁹¹ y Leyton et al.,⁹². En la presente investigación los tres tratamientos presentaron un valor > 1 , sin diferencias significativas, indicando que la mojarra rayada no presenta afectaciones en el desarrollo y crecimiento debido a las condiciones experimentales del laboratorio, las cuales no tuvieron incidencia en este parámetro.

Los valores de conversión alimenticia fluctuaron entre 1 a 2,5, siendo el tratamiento T3 el que presentó el valor más bajo ($1,236 \pm 0,161$) y el tratamiento T1 el más alto ($2,543 \pm 0,181$), evidenciando que en el tratamiento T3 se necesitó de menos alimento para un mayor crecimiento en peso y talla. Estos resultados superan a los reportados por Gómez et al.,⁹³ donde, los rangos de este índice de desempeño oscilaban entre 3 – 3,5. Según los resultados de este índice, es evidente que la especie aprovecha mejor el alimento cuando se puede alimentar por sí misma. Los protocolos de auto-demanda de alimento han sido reportados como beneficiosos para especies como según Arregui⁹⁴ la trucha arcoíris, la tilapia de acuerdo con la FAO⁹⁵, el camarón según Ching⁹⁶, entre otras, ya que para Núñez y Somoza⁹⁷ favorecen a la mejora en crecimiento, reducción en mortalidad, así mismo a

⁹¹ FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. En: Journal of Applied Ichthyology. 2006. Vol. 22 No. 4. p. 241-253. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

⁹² LEYTON, Samy *et al.*, Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 2015. Vol. 27 No. 1. p. 24–31. Disponible en: <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/99>

⁹³ GÓMEZ *et al.*, Op. Cit, p. 13

⁹⁴ ARREGUI, Luz. El cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). (En línea). En: Cuadernos de Acuicultura (Colombia): 2013 (Consultada: 26, julio, 2022). Disponible en: https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf

⁹⁵ FAO. Tilapia del Nilo - Métodos de suministro de alimentos (En línea). En: Fao (Colombia): 2022 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/metodos-de-suministro-de-alimentos/es/>

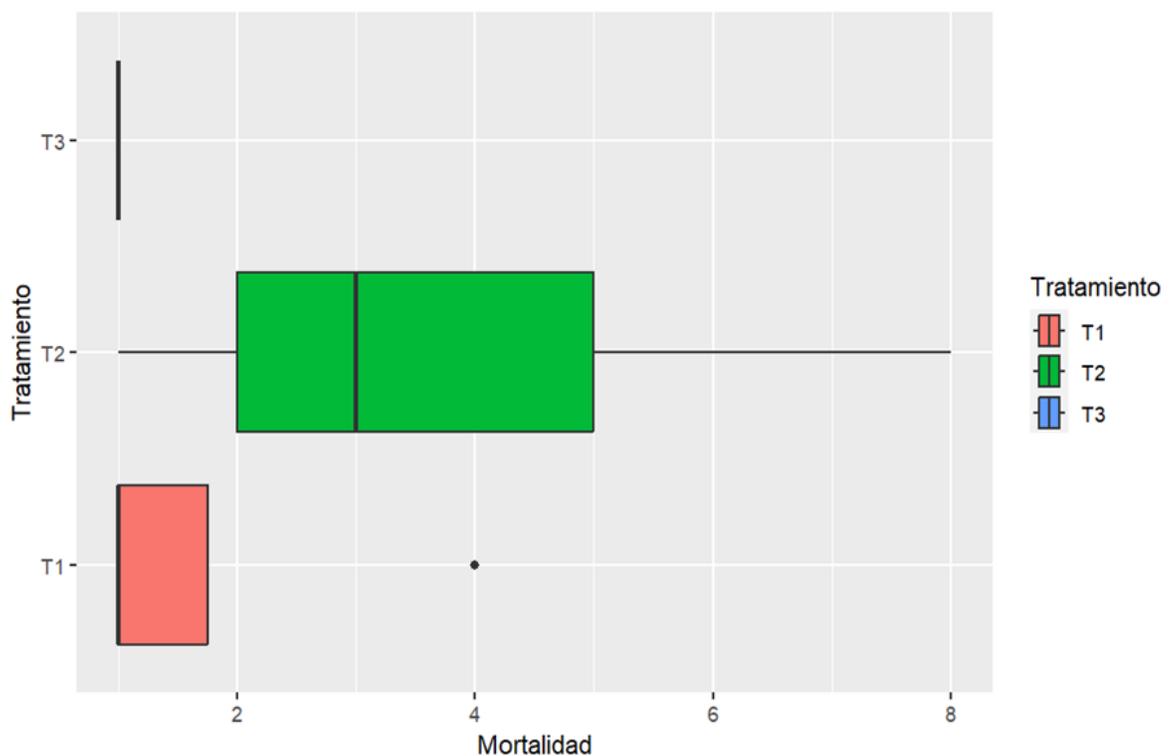
⁹⁶ CHING, Carlos. Alimentación automática. ¿Cómo incrementar la rentabilidad del cultivo de camarón con una adecuada implementación tecnológica? (En línea). En: Nicovita (Colombia): 2017 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: <https://docplayer.es/86130968-Alimentacion-automatica.html>

⁹⁷ NUÑEZ, Pablo y SOMOZA, Gustavo. Guía de Buenas Prácticas de Producción Acuícola para Trucha Arcoíris. (En línea). En: Adeneu (Argentina): 2010 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_buenas_practicas_acuicolas.pdf

mantener bajos niveles de estrés, fondos más limpios evitando el exceso de alimento y reducción de mano de obra.

6.4.1 Mortalidad. Al realizar el análisis estadístico que comparó la mortalidad de la mojarra rayada al finalizar el bioensayo, el porcentaje medio más alto correspondió al tratamiento T2 ($3,800 \pm 1,241\%$), seguidos por el tratamiento T1 ($1,750 \pm 0,750\%$) y finalmente el tratamiento T3 ($1,000 \pm 0,000\%$), según la prueba de Kruskal-Wallis no existieron diferencias significativas entre los tratamientos con un p-valor= 0,063 sin embargo, de acuerdo con la prueba Post Hoc la comparación entre grupos indica que solo existieron diferencias significativas entre el tratamiento T2 con respecto al tratamiento T3 ($H= 5,531$ y p-valor $<0,05$). (Figura 19).

Figura 19. Descripción de mortalidad media de peces entre los tratamientos



Durante la fase experimental la mortalidad fue $< 10\%$, valores que estuvieron dentro de rangos del estudio realizado por Gómez et al.,⁹⁸. Lo anterior demuestra los atributos de la especie para ser considerada como candidata para la acuicultura del país, ya que presenta una alta tolerancia a la manipulación, el transporte, rangos de parámetros fisicoquímicos, rápida aclimatación a nuevos ambientes, adaptación al cautiverio y a la alimentación comercial.

⁹⁸ GÓMEZ et al., Op. Cit., p. 14

6.5 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los registros obtenidos muestran que los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron estables y dentro de rangos aceptables. Sin diferencias significativas entre todos los de tratamientos de acuerdo con la prueba Post Hoc (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen estadístico de parámetros fisicoquímicos durante los días de experimento, letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos

Tratamiento	T1	T2	T3	p_valor
Variable fisicoquímica	Media ± Error estándar			
Temperatura (°C)	26,931±0,044 a	26,937±0,045 a	26,988±0,045 a	0,575
Oxígeno disuelto (mg. L⁻¹)	4,599±0,058 a	4,588±0,061 a	4,512±0,059 a	0,681
pH	7,208±0,030 a	7,282±0,028 a	7,270±0,029 a	0,362
Conductividad eléctrica (KΩcm)	1415,710±6,497 a	1419,180±0,994 a	1422,220±1,783 a	0,244

Según estudios realizados por Gómez et al.,⁹⁹ se considera que los valores de los parámetros fisicoquímicos aceptables para la mojarra rayada son: temperatura 22-30°C; oxígeno disuelto >5mg.L⁻¹; pH entre 7,5 y 8,5; lo que demuestra que los parámetros ambientales registrados en el presente estudio se encuentran cercanos o dentro de los rangos aceptables para la especie; además, se mantuvieron estables sin presentar alteraciones.

⁹⁹ GÓMEZ, Javier *et al.*, Programa acuicultura sostenible para el departamento del Magdalena. INVEMAR. Informe Técnico Final (En línea). En: Invemar (Colombia): 2015 (Consultada: 6, junio, 2022). Disponible en: <https://docplayer.es/87769474-Programa-acuicultura-sostenible-para-el-departamento-del-magdalena.html>

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La especie *E. plumieri* presenta un comportamiento locomotor diurno, el cual es independiente de los horarios de alimentación que se apliquen.

Bajo condiciones de alimentación a demanda, la mojarra rayada es una especie que se alimenta activa y sostenidamente durante las horas del día, presentando un incremento de la demanda de alimento de las 10:00 a las 13:00 h; este comportamiento debe ser tenido en cuenta a la hora de diseñar un paquete tecnológico para su cultivo.

Bajo patrones de alimentación a demanda, la especie presenta óptimos índices de desempeño en términos de tasa específica de crecimiento, ganancia de peso, ganancia de longitud y factor de conversión alimenticia, lo cual demuestra que favorece a la consecución de resultados deseables para ser proyectados a condiciones de cultivo.

En cautiverio, la especie mantiene su comportamiento demersal, alimentándose del fondo, por lo que el alimento óptimo para ella debe tener una flotabilidad negativa.

La mojarra rayada es una especie que demuestra un bajo nivel de dominancia y jerarquía, por lo que es posible tenerla en grupos de tamaños homogéneos, para asegurar una alimentación y crecimiento equitativos.

7.2 RECOMENDACIONES

La especie *E. plumieri* presenta una rápida aclimatación y adaptación a cautiverio, con alta tolerancia a la manipulación, transporte y rangos de parámetros, por lo que se recomienda continuar los estudios relacionados con su comportamiento, alimentación y reproducción, al demostrar que tiene potencial acuícola y sustento para la población local de la CGSM.

Es necesario realizar estudios sobre análisis bromatológicos para establecer la composición de una dieta específica para la especie, de manera que cumpla con sus requerimientos nutricionales, mejorando así los índices de desempeño observados por el presente estudio.

Se evidenció que la adición de una solución de melaza y sal ayuda a contrarrestar los niveles de amonio, estrés, enfermedades por hongos y bacterias, por lo cual se sugiere realizar investigaciones sobre estos componentes y su efecto sobre la fisiología y salud de la especie, particularmente, el efecto de la melaza.

Es importante el realizar pruebas piloto para el cultivo de la especie, utilizando los diversos sistemas con los que cuenta la costa Caribe del país (estanques en tierra, jaulas en estuarios, tanques y jagüeyes).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, María. Habitantes del agua: el complejo lagunar de la ciénaga Grande de Santa Marta (en línea). En: BanRep (Colombia): 2011 (Consultada: 25, noviembre, 2021). Disponible en: <https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/467/1.%20Habitantes%20del%20agua.%20El%20complejo%20lagunar....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AGUIRRE, Arturo y DÍAZ, Silvia. Estructura poblacional, madurez gonádica y alimentación de *Eugerres plumieri* (Gerreidae) en el sistema fluvio-deltaico pomatista, México. En: Ciencias Marinas. 2000. Vol. 26 No. 2. p. 253-273. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/480/48026204.pdf>

ALANÄRÄ, Anders y BRÄNNÄS, Eva. Diurnal and nocturnal feeding activity in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 1997. Vol. 54 No. 12. p. 2894–2900. Disponible en: <https://doi.org/10.1139/f97-187>

ALANÄRÄ, Anders y BRÄNNÄS, Eva. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: the effect of stocking density. En: Fish Biology. 1996. Vol. 48 No. 2. p. 242-254. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01116.x>

ARCILA, Jaime. Diseño y construcción de un sistema de alimentación automático para peces de 200 kg de capacidad, provisto por energía solar fotovoltaica para la granja piscícola Asociación Propaz en Mesetas (Meta). Trabajo de grado de pregrado. Bogotá: Universidad Antonio Nariño. Facultad de comercio internacional, integración, administración y economía empresarial. Programa de ingeniería electromecánica, 2021. 109p Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5730>

ARENAS, Pedro y ACERO, Arturo. Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). En: Revista de biología tropical. 2016. Vol. 40 No. 3. p. 287–302. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24545>

ARREGUI, Luz. El cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). (En línea). En: Cuadernos de Acuicultura (Colombia): 2013 (Consultada: 26, julio, 2022). Disponible en: https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf

ASCHOFF, J. Handbook of behavioral neurobiology: 4a. New York: Plenum Press, 1981. 563p

BAUTISTA, Paola et al. 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. Informe Técnico Final 2010. (En línea). En: Aqua Docs. (Colombia): 2023 (Consultada: 20, enero, 2023). Disponible en: https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/8027/Informe_CGSM_2010.pdf?sequence=1

BENAVIDES, S et al., Avances en el mantenimiento de la mojarra rayada *Eugerres plumieri* en laboratorio. (en línea). En: Semantic Scholar. 2015 (Consultada: 30, noviembre, 2021). Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/author/G.-H.-Ospina-Salazar/1419941960>

BLANCO, Jacobo, NARVÁEZ, Juan y VILORIA, Efraín. ENSO and the rise and fall of a tilapia fishery in northern Colombia. En: Fisheries Research. 2007. Vol. 88 No. 1. p. 100–108. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223165912_ENSO_and_the_rise_and_fall_of_a_tilapia_fishery_in_northern_Colombia

BOTERO, Mónica y BIOL, Zoot. Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. En: Revista Secciones. 2003. Vol. 17 No. 1. p. 63-74. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025896009.pdf>

CADENA, Lilia. Evaluación de los efectos colaterales del azul de metileno en dosis terapéuticas en tilapia. Trabajo de grado de pregrado. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 1994. 52p Disponible en: <http://132.248.9.195/pmig2016/0208500/0208500.pdf>

CALDERER, Anna. Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.). Trabajo de grado de pregrado. Barcelona: Universitat de Barcelona. Facultad de Biología Animal. Programa de Biología, 2001. 64p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/777/TOL7101.pdf>

CHASQUI, Luis et al. Libro rojo de peces marinos de Colombia (en línea). En: Invemar (Santa Marta): 2017 (Consultada: 26, octubre, 2021). Disponible en: <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/libro-rojo-peces-marinos-de-colombia.pdf>

CHING, Carlos. Alimentación automática. ¿Cómo incrementar la rentabilidad del cultivo de camaron con una adecuada implementación tecnológica? (En línea). En: Nicovita (Colombia): 2017 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: <https://docplayer.es/86130968-Alimentacion-automatica.html>

CHING, Carlos. El uso de cal y melaza para el control de enfermedades en el cultivo de camarón (En línea). En: NICOVITA (Colombia): 2015, p. 55, (Consultada: 6, marzo, 2022). Disponible en: <https://aprenderly.com/doc/1850601/el-uso-de-cal-y-melaza-para-el-control-de-enfermedades-e>

DÁVILA, Alejandra. Evaluación del estatus taxonómico de la mojarra rayada (Pisces: Gerreidae: Eugerres) en el Caribe de Colombia. Trabajo de grado de maestría. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Biología. Programa de licenciatura en biología, 2012. 74p Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_davila_carrera.pdf

DE LA HOZ, J et al., Boletín Estadístico enero - diciembre de 2013. Colombia: Aunap, 2013. 60p.

DÍAZ, Juan y LEÓN, Julián. Utilización de espirulina *Spirulina maxima* en la alimentación de alevinos de trucha arco iris *Oncorhynchus mikyss*. Trabajo de grado de pregrado. Bogotá: Universidad LaSalle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Programa de zootecnia, 2014. 74p Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/224/>

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura (en línea). En: La sostenibilidad en acción (Roma): 2020 (Consultada: 10, noviembre, 2021). Disponible en: <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

FAO. Tilapia del Nilo - Métodos de suministro de alimentos (En línea). En: Fao (Colombia): 2022 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/metodos-de-suministro-de-alimentos/es/>

FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. En: Journal of Applied Ichthyology. 2006. Vol. 22 No. 4. p. 241-253. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

GARCÍA, Gloria. Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la Tilapia roja. Trabajo de grado de pregrado. Neiva: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería ambiental, 2018. 97p Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/20945>

GARCÍA, Ismael. Redescrición de cinco especies de mojarra (Perciformes: Gerreidae), del Pacífico Oriental. Trabajo de grado de pregrado. México DF: Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Biología. Programa de licenciatura en biología, 2013. 74p Disponible en: <https://www.zaragoza.unam.mx/wp->

content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_garcia_pioquinto.pdf

GOLDMAN, Bruce. Mammalian photoperiodic system: Formal properties and neuroendocrine mechanisms of photoperiodic time measurement. En: *Journal of Biological Rhythms*. 2001. Vol. 16 No. 4. p. 283–301. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11506375/>

GÓMEZ, Javier et al., Programa acuicultura sostenible para el departamento del Magdalena. INVEMAR. Informe Técnico Final (En línea). En: Invemar (Colombia): 2015 (Consultada: 6, junio, 2022). Disponible en: <https://docplayer.es/87769474-Programa-acuicultura-sostenible-para-el-departamento-del-magdalena.html>

GUALDRÓN, Luz. Evaluación del estatus taxonómico de la mojarra rayada (Pisces: Gerreidae: Eugerres) en el Caribe de Colombia. Trabajo de grado de maestría. Santa Marta: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología. Programa de Maestría en Ciencias, 2016. 62p Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75851/37863247.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUTIÉRREZ, Francisco. Los recursos pesqueros marinos. En: *Expedio*. 2011. Vol. 1 No. 7. p. 71–75. Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/738>

HELFMAN, G. Fish behaviour by day, night and twilight. En: *Behaviour of Teleost Fishes*. 1993. Vol. 10 No. 2. p. 479–512. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8261-4_14

HELFMAN, Gene. Patterns of community structure in fishes: summary and overview. En: *Environmental Biology of Fishes*. 1978. Vol. 3 No. 1. p. 129–148. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00006313>

HERRERO, María. Ritmos de actividad motora, comportamiento alimentario e influencia de la melatonina exógena en peces teleósteos. Trabajo de grado de doctorado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de Ciencias. Programa de fisiología, 2007. 204p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10856/HerreroRamon.pdf?sequence=1>

HERRERO, María. Ritmos de actividad motora, comportamiento alimentario e influencia de la melatonina exógena en peces teleósteos. Trabajo de grado de doctorado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de Ciencias. Programa de fisiología, 2007. 204p Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10856/HerreroRamon.pdf?sequence=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 (en línea). En: Invenmar org (Santa Marta): 2019 (Consultada: 25, noviembre, 2021). Disponible en: <http://www.invenmar.org.co/documents/10182/0/Informe+CGSM+2019/349f9473-d122-495e-85ac-cdfc5333fe00>

KUBITZA, Fernando. La sal común es una herramienta útil en la acuicultura (En línea). En: Global Aquaculture Advocate (Brasil): 2016 (Consultada: 6, marzo, 2022). Disponible en: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/la-sal-comun-es-una-herramienta-util-en-la-acuicultura-parte-1/?headlessPrint=AAAAPIA9c8r7gs8>

LEYTON, Samy et al., Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista de La Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 2015. Vol. 27 No. 1. p. 24–31. Disponible en: <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/99>

LOBATO, M y GUARDIOLA, V. Estudio de la actividad locomotora y alimentaria de juveniles de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) mediante un sistema de auto-demanda y registro de actividad. Colombia: Universidad de Magdalena, 2020. 120p.

MARTÍNEZ, H et al., Evaluación de la selectividad del trasmallo en la pesquería artesanal de la zona deltaica estuarina del río Sinú, Caribe colombiano. 2006. Revista Intrópica, Vol. 3. No. 1. p. 33–41. <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n2/v41n2a10.pdf>

MARTÍNEZ, Marcel, MARTÍNEZ, Luis y RAMOS, Rogelio. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. En: REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2009. Vol. 10 No. 1. p. 1-16. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617128022.pdf>

MERCADO, Ingris et al., Cultivo de dorada (*Brycon sinuensis* Dahl, 1955) en jaulas flotantes a diferentes niveles de proteína. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2006. Vol. 19 No. 2. p. 204-211. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v19n2/v19n2a13.pdf>

MONTOYA, Ander et al., Feeding time synchronises daily rhythms of behaviour and digestive physiology in gilthead seabream (*Sparus aurata*). En: Aquaculture. 2010. Vol. 206 No. 1. p. 315-321. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848610003881>

MONTOYA, Ander. Ritmos diarios de comportamiento alimentario y bienestar en la dorada (*Sparus aurata*). Trabajo de grado de pregrado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de ciencias de la salud. Programa de fisiología y farmacología,

2012. 66p Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/85063?locale-attribute=es>

NUÑEZ, Pablo y SOMOZA, Gustavo. Guía de Buenas Prácticas de Producción Acuícola para Trucha Arcoíris. (En línea). En: Adeneu (Argentina): 2010 (Consultada: 29, julio, 2022). Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_buenas_practicas_acuicolas.pdf

OLAYA, C., y APPELDOORN, R. Edad y Crecimiento de la Mojarra Rayada, *Eugerres prumieri* (Cuvier), en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia (En línea). En: Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute (Colombia): 2004 (Consultada: 10, junio, 2022). Disponible en: <http://hdl.handle.net/1834/29577>

POLONÍA, Carmen et al., Efecto de tres dietas en el cultivo experimental del róbalo (*Centropomus undecimalis* Bloch, 1792). En: Revista MVZ Córdoba. 2017. Vol. 22 No. 3. p. 6287-6295. Disponible en: <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/1133/pdf>

RANDALL, J. Food Habits of Reef Fishes of the West Indies. En: Environmental Science, Biology. 1967. Vol. 5 No. 5. p. 665–847. Disponible en: <https://www.aoml.noaa.gov/general/lib/CREWS/Cleo/PuertoRico/prpdfs/randall-habits.pdf>

REEBS, Stephan. Plasticity of diel and circadian activity rhythms in fishes. En: Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2003. Vol. 103 No. 3. p. 349–364. Disponible en: <https://www.umoncton.ca/sites/prof.prod.umoncton.ca/files/users/user109/Reebs%20fish%20review.pdf>

RUEDA, Mario y SANTOS, Adriana. Population dynamics of the striped mojarra *Eugerres plumieri* from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. En: Fisheries Research. 1999. Vol. 42 No. 1. p. 155. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016578369900033>

SAAVEDRA, María. Manejo del cultivo de la tilapia (En línea). En: CRC (Colombia): 2006 (Consultada: 26, diciembre, 2022). Disponible en la dirección electrónica: <https://www.crc.uri.edu/download/manejo-del-cultivo-de-tilapia-cidea.pdf>

SÁNCHEZ, José. Ritmos biológicos y relojes moleculares en teleósteos: ontogenia y sincronización a los ciclos diarios de luz y alimentación. Trabajo de grado de pregrado. Murcia: Universidad de Murcia. Facultad de ciencias de la salud. Programa de fisiología, 2016. 208p Disponible en: <http://hdl.handle.net/10201/48352>

SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS. Pruebas no paramétricas (En línea). En: Sefo (Colombia): 2019 (Consultada: 8, enero, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://bit.ly/3ZV0fPW>

SCIENTIFIC EUROPEAN FEDERATION OF OSTEOPATHS. Pruebas POST HOC (En línea). En: Sefo (Colombia): 2019 (Consultada: 8, enero, 2023). Disponible en la dirección electrónica: <https://bit.ly/3HlzNYA>

STEPHAN, Frederick. The “Other” Circadian System: Food as a Zeitgeber. En: Journal of Biological Rhythms. 2002. Vol. 17 No. 4. p. 284-292. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/074873040201700402>

TAKAHASHI, Joseph. Circadian rhythms: From gene expression to behavior. En: Current Opinion in Neurobiology. 1991. Vol. 1 No. 4. p. 556–561. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(05\)80028-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(05)80028-5)

TAVARES, Larissa. La Pesca y Los pescadores artesanales En Colombia. En: PEGADA - A Revista Da Geografia Do Trabalho. 2018. Vol. 19 No. 2. p. 343-377. Disponible en: <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/EXP/article/view/738>

TORO, Ángela. Comida casera para peces de. [en línea]. Jan. 2020 [citado Oct, 2022]. Disponible en internet: <https://www.bekiamascotas.com/articulos/comida-casera-peces-acuario/>

VERA, L et al., Feeding entrainment of locomotor activity rhythms, digestive enzymes and neuroendocrine factors in goldfish. En: Physiology and Behavior. 2007. Vol. 90 No. 2. p. 518–524. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.10.017>

VERA, L, MADRID, F y SÁNCHEZ, F. Locomotor, feeding and melatonin daily rhythms in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). En: Physiology and Behavior. 2006. Vol. 88 No. 44593. p. 167–172. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.03.031>

VILARDY, Sandra y GONZÁLEZ, José. Repensando la Ciénaga: Nuevas Miradas y Estrategias para la Sostenibilidad en la Ciénaga Grande de Santa Marta (en línea). En: Observatorio Cartagena (Cartagena): 2011 (Consultada: 23, octubre, 2021). Disponible en: <https://www.politecnicojic.edu.co/images/downloads/biblioteca/guias/NTC4490.pdf>

VILORIA, Efraín, ACERO, Arturo y BLANCO, Jacobo. 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? En: Boletín de

Investigaciones Marinas y Costeras. 2012. Vol. 41 No. 2. p. 399–428. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v41n2/v41n2a08.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Datos iniciales y finales promedios de peso (g) y longitud (cm) por tratamiento y réplica

Biometría	Tratamiento	Réplica	Peso (suma) (g)	Peso promedio (g)	Longitud promedio (cm)
Inicial	1	1	385	32	14
Inicial	1	2	366	30	13
Inicial	1	3	342	29	13
Inicial	2	1	377	31	14
Inicial	2	2	437	36	13
Inicial	2	3	422	35	14
Inicial	3	1	358	30	13
Inicial	3	2	364	30	13
Inicial	3	3	347	29	14
Final	1	1	404	34	14
Final	1	2	377	31	14
Final	1	3	356	30	14
Final	2	1	384	32	14
Final	2	2	450	37	13
Final	2	3	434	36	14
Final	3	1	451	38	15
Final	3	2	377	31	14
Final	3	3	370	31	14

Anexo B. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para intensidad de la actividad alimentaria mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Pearson's Chi-squared test
##
## data: dataP
## X-squared = 69.994, df = 6, p-value = 4.101e-13
```

Anexo C. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para jerarquía mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Pearson's Chi-squared test
##
## data: dataJ
## X-squared = 15.958, df = 2, p-value = 0.0003427
```

Anexo D. Prueba de independencia Chi-cuadrado (χ^2) para área preferencial de alimentación mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Pearson's Chi-squared test
##
## data: dataA
## X-squared = 1.7467, df = 8, p-value = 0.9878
```

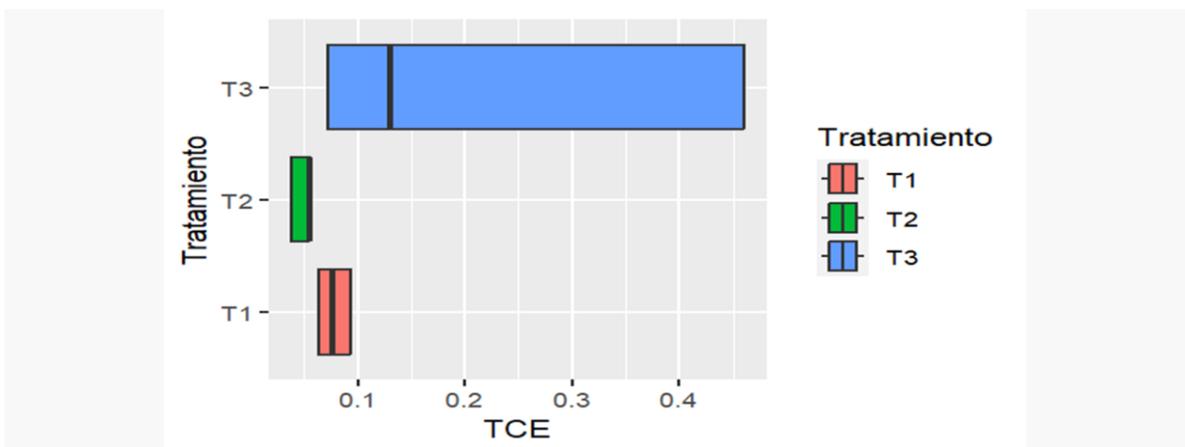
Anexo E. Prueba Post Hoc para alimento demandado mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2 -108.11389      0      *** -128.34728 -87.88051
## T1 - T3  -48.83256      0      ***  -67.02488 -30.64024
## T2 - T3   59.28133      0      ***   36.41515  82.14751
```

Anexo F. Prueba Post Hoc para tasa específica de crecimiento (g.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2      11 0.0000      ***   6.959114 15.0408864
## T1 - T3      -5 0.0174      *   -9.040886 -0.9591136
## T2 - T3     -16 0.0000      *** -20.040886 -11.9591136
```

Anexo G. Gráfica de cajas y bigotes para tasa específica de crecimiento (g.día^{-1}) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

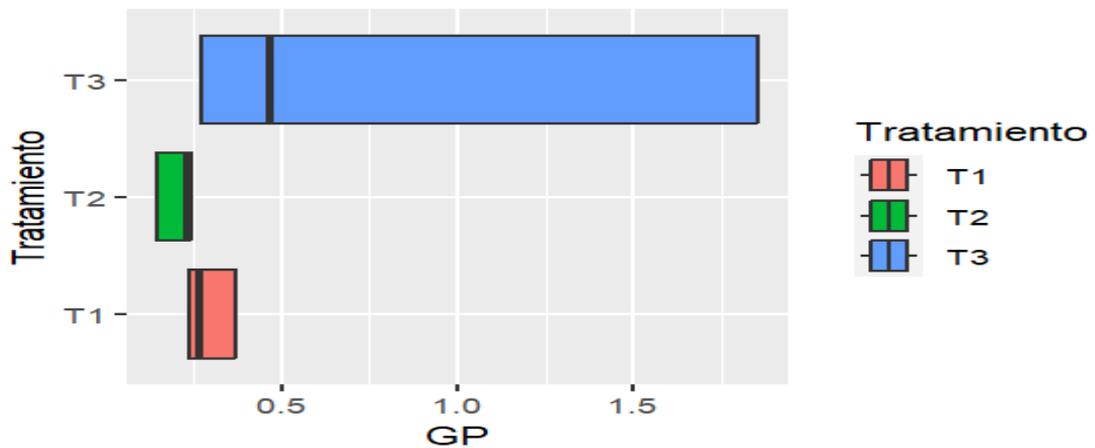


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron (0,078±0,004 g.día⁻¹), (0,049±0,003 g.día⁻¹) y (0,221±0,060 g.día⁻¹) respectivamente.

Anexo H. Prueba Post Hoc para ganancia de peso (g.día⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2         8 8e-04   ***   3.703653 12.296347
## T1 - T3        -8 8e-04   ***  -12.296347 -3.703653
## T2 - T3       -16 0e+00   ***  -20.296347 -11.703653
```

Anexo I. Gráfica de cajas y bigotes para ganancia de peso (g.día⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

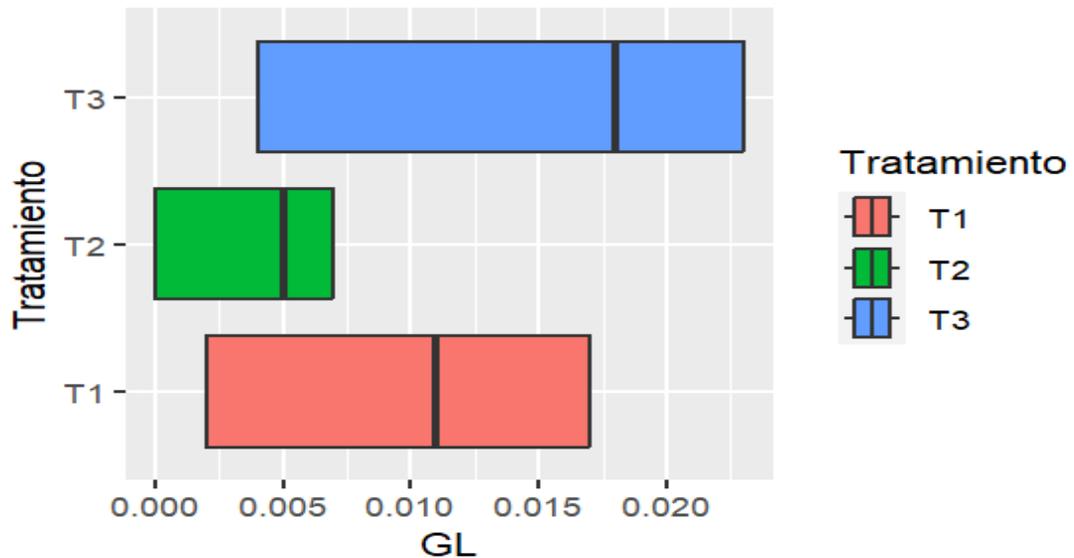


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron (0,292±0,039 g.día⁻¹), (0,210±0,032 bg.día⁻¹) y (0,864±0,497 g.día⁻¹) respectivamente.

Anexo J. Prueba Post Hoc para ganancia de longitud (cm.día⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2         5 0.1418    -1.793122 11.793122
## T1 - T3        -5 0.1418   -11.793122 1.793122
## T2 - T3       -10 0.0057    ** -16.793122 -3.206878
```

Anexo K. Gráfica de cajas y bigotes para ganancia de longitud (cm.día⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

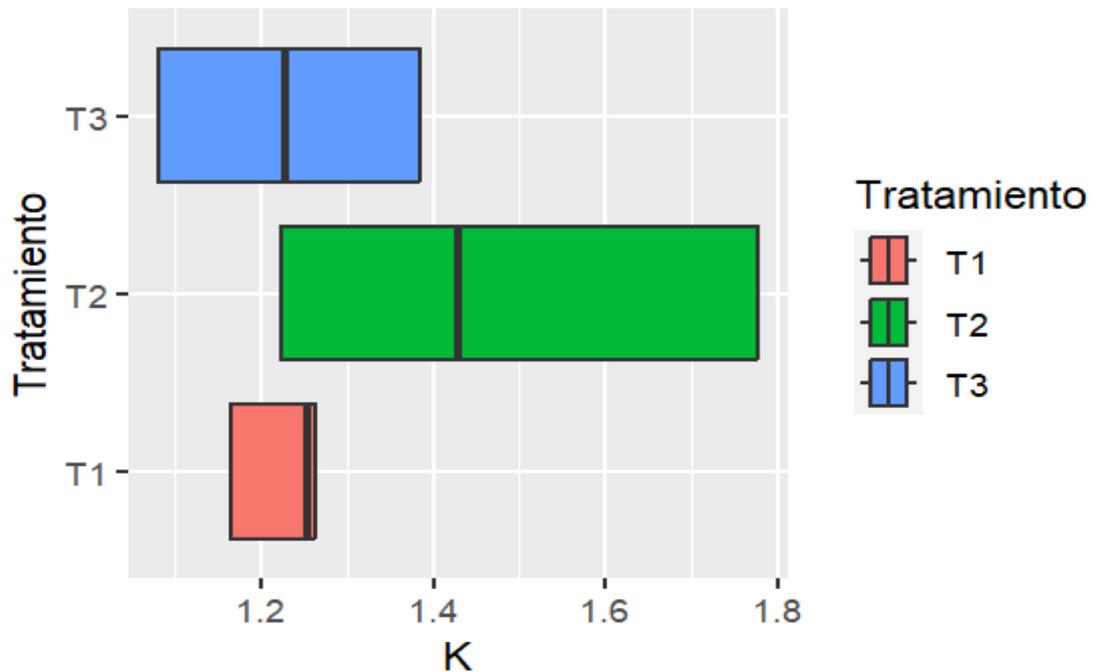


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron (0,010±0,002 cm.día⁻¹), (0,004±0,001 cm.día⁻¹) y (0,015±0,003 cm.día⁻¹) respectivamente.

Anexo L. Prueba Post Hoc para factor de condición (K) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2      -7 0.0530      -14.0997311  0.09973106
## T1 - T3       1 0.7738      -6.0997311  8.09973106
## T2 - T3       8 0.0288      *  0.9002689 15.09973106
```

Anexo M. Gráfica de cajas y bigotes para factor de condición K mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

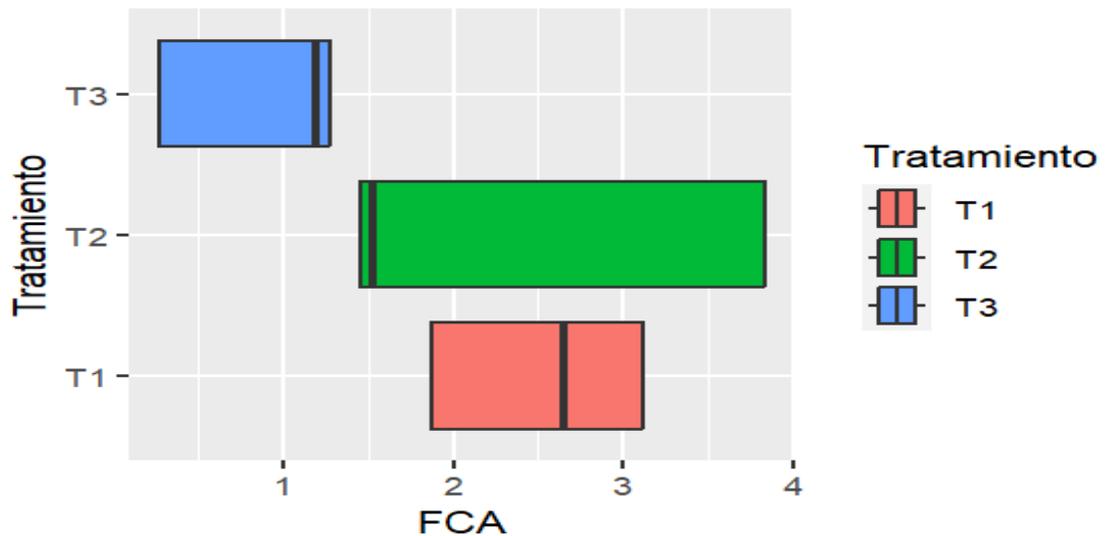


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron (1,228±0,016), (1,075±0,269) y (1,232±0,044) respectivamente.

Anexo 14. Prueba Post Hoc para factor de conversión alimenticia mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2          3 0.1701          -1.37819  7.37819
## T1 - T3         15 0.0000          *** 10.62181 19.37819
## T2 - T3         12 0.0000          ***  7.62181 16.37819
```

Anexo 15. Gráfica de cajas y bigotes para factor de conversión alimenticia mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2



Las medias para el tratamiento T1, T2 y T3 fueron $(2,543 \pm 0,181)$, $(2,273 \pm 0,389)$ y $(1,236 \pm 0,161)$ respectivamente.

Anexo P. Prueba de Post Hoc para mortalidad mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

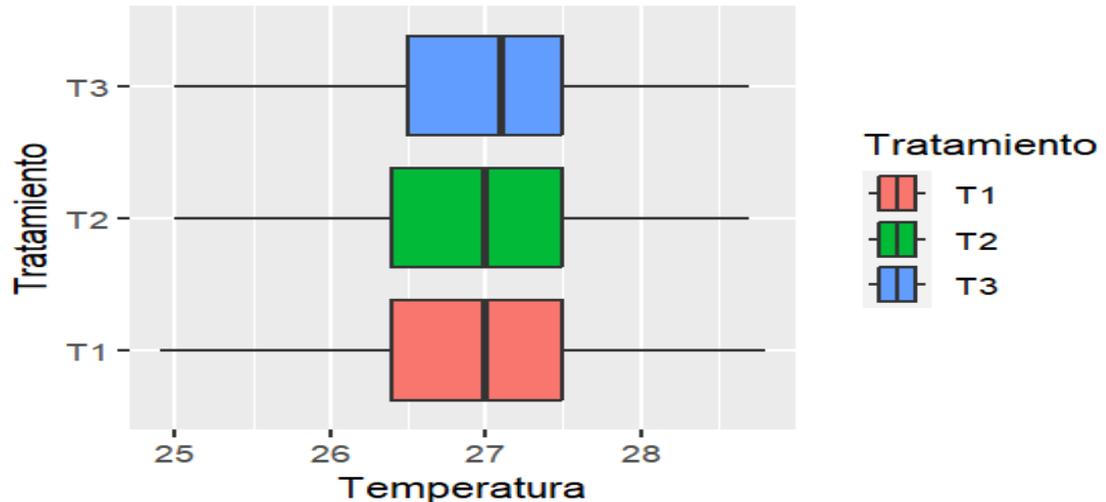
```
## Post Hoc Analysis
outKruskal

## $statistics
##      Chisq Df    p.chisq
## 5.529643  2 0.06298735
##
## $parameters
##           test p.adjusted name.t ntr alpha
## Kruskal-Wallis      none  Trat   3  0.05
## $comparison
## NULL
##
## $groups
##      Mortal groups
## t2  9.700      a
## t1  6.125     ab
## t3  4.500      b
```

Anexo Q. Prueba Post Hoc para temperatura (°C) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## T1 - T2  -2.784946 0.8918      -42.94564 37.37575
## T1 - T3 -19.844086 0.3324      -60.00478 20.31661
## T2 - T3 -17.059140 0.4047
```

Anexo R. Gráfica de cajas y bigotes para temperatura (°C) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

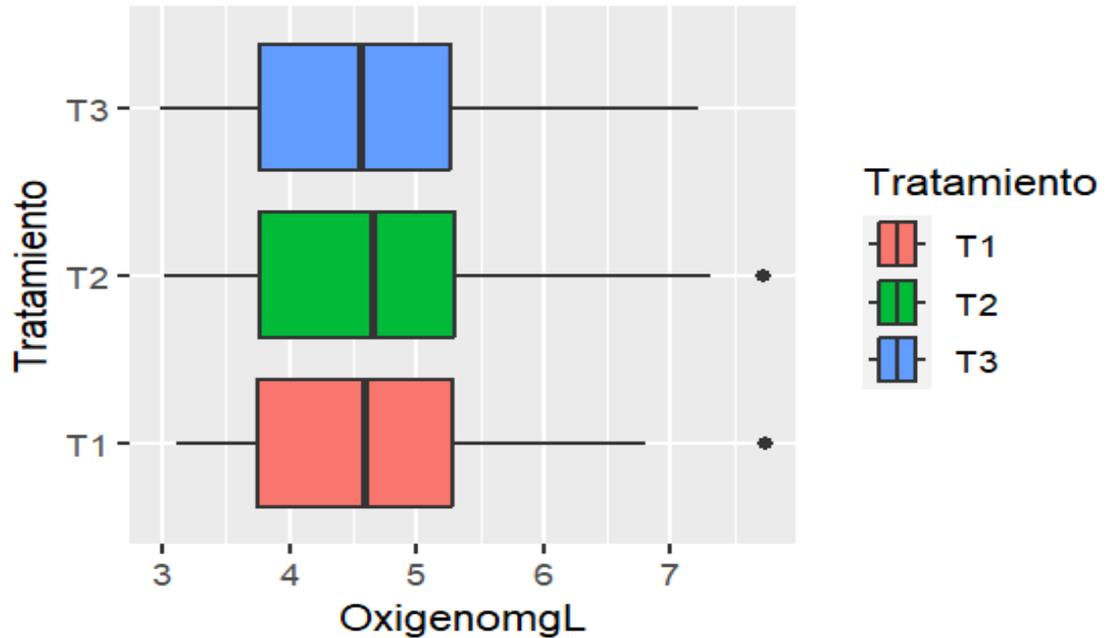


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron $(26,931 \pm 0,044 \text{ } ^\circ\text{C})$, $(26,937 \pm 0,045 \text{ } ^\circ\text{C})$ y $(26,988 \pm 0,045 \text{ } ^\circ\text{C})$ respectivamente.

Anexo S. Prueba Post Hoc para oxigeno (mg. L⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## 1 - 2  -2.605856 0.8867      -38.49661 33.28490
## 1 - 3  12.362613 0.4991      -23.52814 48.25337
## 2 - 3  14.968468 0.4131      -20.92229 50.85923
```

Anexo T. Gráfica de cajas y bigotes para oxígeno (mg. L⁻¹) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

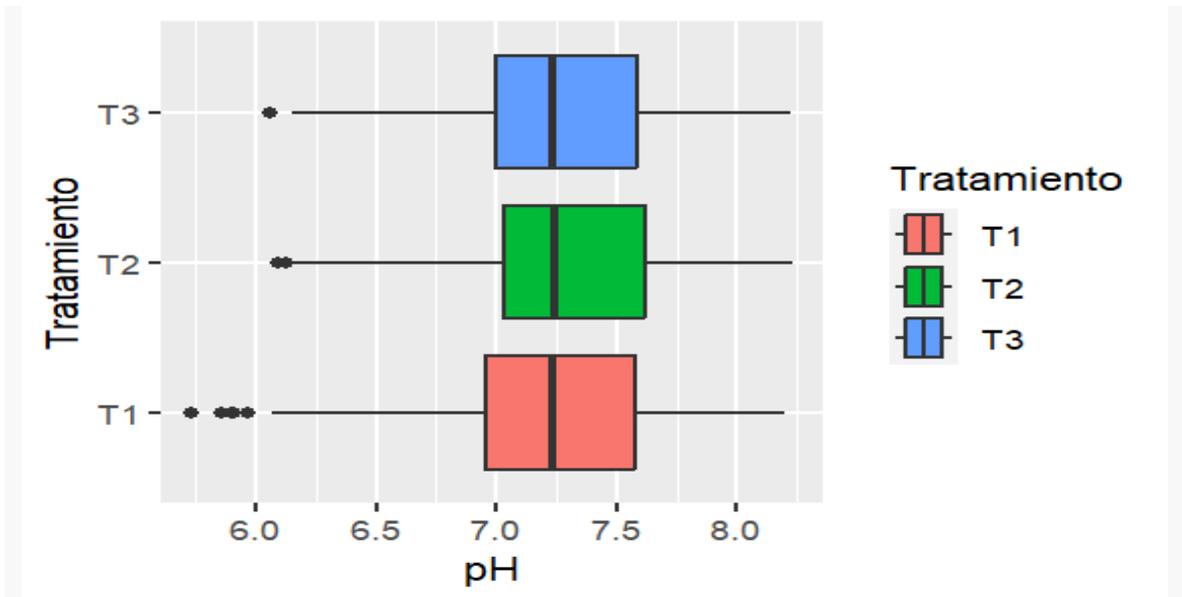


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron (4,599±0,058 mg. L⁻¹), (4,588±0,061mg. L⁻¹) y (4,512±0,059 mg. L⁻¹) respectivamente.

Anexo U. Prueba Post Hoc para pH mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## 1 - 2 -28.123656 0.1698      -68.29891 12.05160
## 1 - 3 -20.795699 0.3099      -60.97095 19.37956
## 2 - 3  7.327957 0.7204       -32.84730 47.50321
```

Anexo V. Gráfica de cajas y bigotes para pH mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

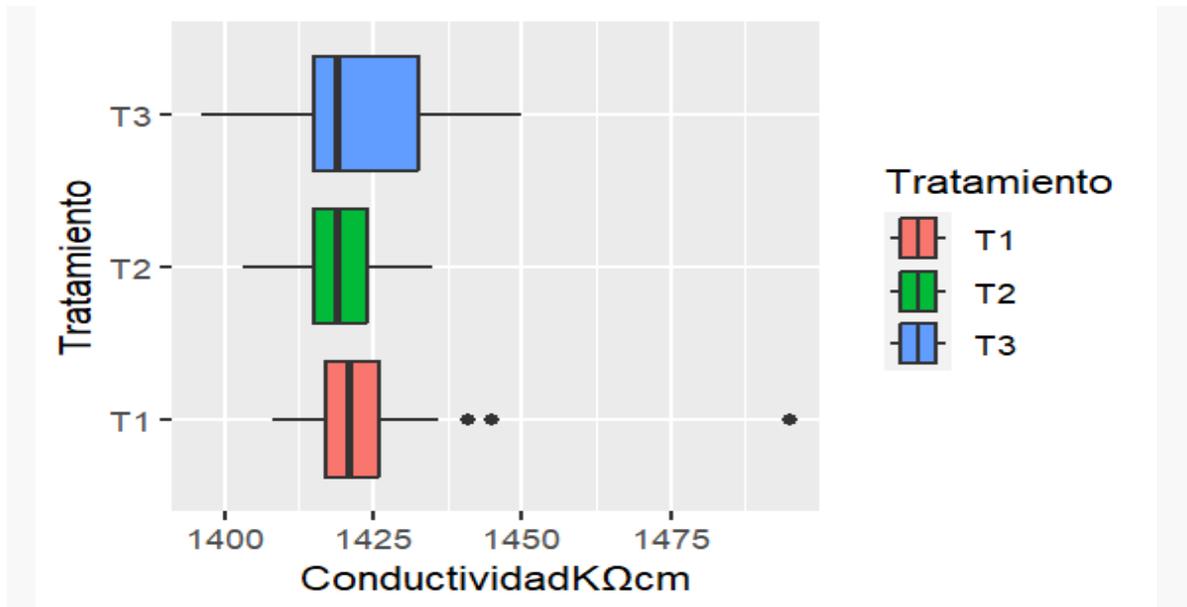


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T3 fueron $(7,208 \pm 0,030)$, $(7,282 \pm 0,028)$ y $(7,270 \pm 0,029)$ respectivamente.

Anexo W. Prueba Post Hoc para conductividad ($K\Omega cm$) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

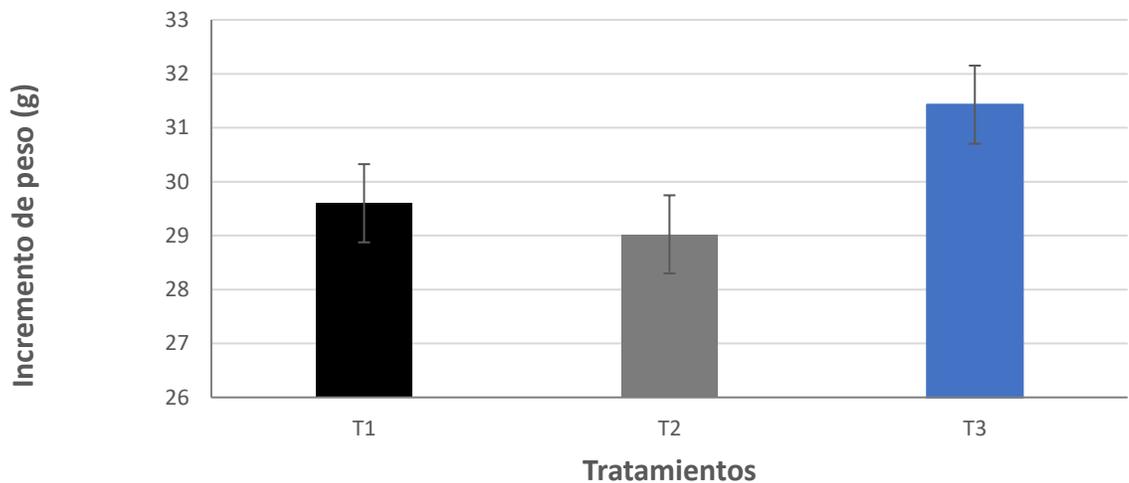
```
## Post Hoc Analysis
##
## Comparison between treatments mean of the ranks.
##
##      Difference pvalue Signif.      LCL      UCL
## 1 - 2  14.235294 0.1123      -3.374796 31.845385
## 1 - 3   3.124183 0.7227     -14.239600 20.487966
## 2 - 3 -11.111111 0.2081     -28.474894  6.252672
```

Anexo X. Gráfica de cajas y bigotes para conductividad (KΩcm) mediante el programa estadístico Rstudio 4.2.2

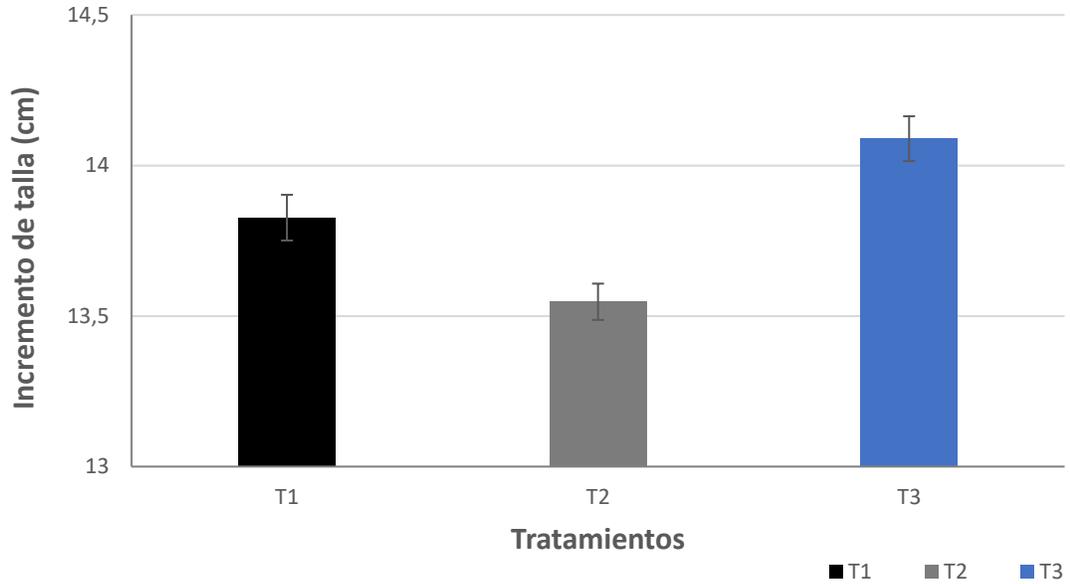


Las medias para el tratamiento T1, T2 y T T3 fueron $(1415,710 \pm 6,497 \text{K}\Omega\text{cm})$, $(1419,180 \pm 0,994 \text{K}\Omega\text{cm})$ y $(1422,220 \pm 1,783 \text{K}\Omega\text{cm})$ respectivamente.

Anexo Y. Descripción de la ganancia de peso (g) de la mojarra rayada, alimentada en horarios distintos (T1, T2 y T3)



Anexo Z. Descripción de la ganancia de talla (cm) de la mojarra rayada, alimentada en horarios distintos (T1, T2 y T3)

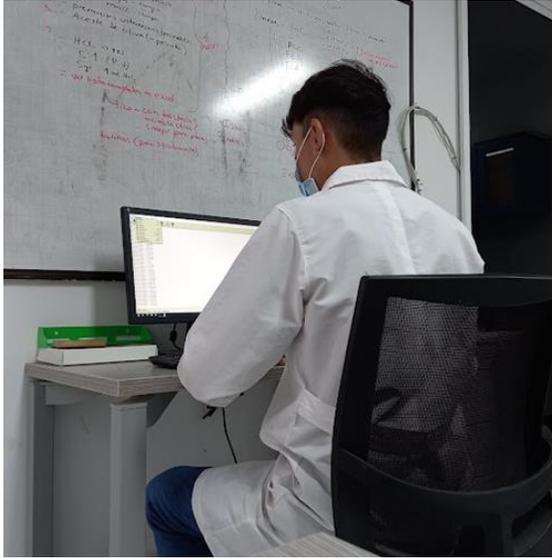


Anexo AA. Cantidad de alimento suministrado (g) por tratamiento y replica durante el bioensayo

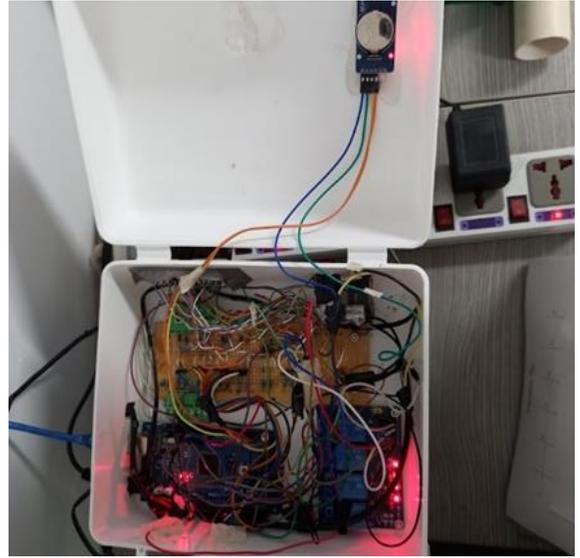
Tratamiento	Réplica	Total, de alimento consumido durante el bioensayo (g)
1	1	686,69
1	2	738,48
1	3	715,89
2	1	558,65
2	2	377,83
2	3	344,58
3	1	507,69
3	2	322,31
3	3	601,97

Anexo BB. Registros fotográficos

Sistema de control y monitoreo de la actividad locomotora y autoalimentaría, registro y almacenamiento del número de movimientos en computador:



Sistema, placa Arduino mega2560:



Aislamiento de sensores fotoeléctricos:



de sensores

Limpieza de tanques:

