



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

CAMPUS LOMA BONITA

Ingeniería en Acuicultura

EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL DESEMPEÑO
PRODUCTIVO EN LA ETAPA JUVENIL TEMPRANA DE LA MOJARRA NEGRA
(*Vieja fenestrata*)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ACUICULTURA

PRESENTA:

HERLINDA FLOR SÁNCHEZ CRUZ

DIRECTOR INTERNO:

Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez

DIRECTOR EXTERNO:

M.C. Daniel Calzada Ruíz

LOMA BONITA, OAXACA, ABRIL 2021.



AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS

Oficio No. JCIA/014/2021

Asunto: Solicitud de autorización de impresión de tesis de licenciatura

Loma Bonita, Oax., a 23 de abril de 2021

**M.C. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
VICE-RECTOR ACADÉMICO
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
P R E S E N T E**

Por medio de la presente, atentamente solicito a usted autorice la IMPRESIÓN DE LA TESIS titulada “Evaluación de la densidad de siembra sobre el desempeño productivo en la etapa juvenil temprana de la mojarra negra (*Vieja fenestrata*)”, realizada por la tesista Herlinda Flor Sánchez Cruz (número de matrícula 15040060), egresada de la Carrera de INGENIERÍA EN ACUICULTURA de la Universidad del Papaloapan.

Se adjuntan el acta de revisión y aceptación de tesis (JCIA/F09/01/2021) firmada por el director de tesis, el codirector de tesis y los tres revisores de tesis; así como la versión final de la tesis.

Sin más por el momento y agradeciendo su atención, le envío un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e:

*terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama chí jí jú*

M. C. Raúl Moreno de la Torre
Jefe de la Carrera de Ingeniería en Acuicultura



Original. M. C. Héctor López Arjona.- Vice-Rector Académico.
c.c.p. M. E. Yesenia Barrientos Arenal.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.- Para su conocimiento.
c.c.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez.- Director de Tesis.- M/fin.
c.c.p. M. C. Daniel Calzada Ruíz.- Codirector de Tesis.- M/fin.
c.c.p. Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez.- Revisor.- M/fin.
c.c.p. Dr. José Manuel Juárez Barrientos.- Revisor.- M/fin.
c.c.p. Dr. Emyr Saúl Peña Marin.- Revisor.- M/fin.
c.c.p. Herlinda Flor Sánchez Cruz.- Tesista.- M/fin.
c.c.p. Expediente profesores.
c.c.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Terra Uberrima. Mens Aperta

CLAVE: 20ESU3001N Ingeniería en Acuicultura

JCIA/F09/01/2021

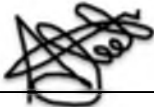




ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, el día 06 de abril de 2021 a las 10:00 horas, se reunieron en Modalidad virtual los miembros de la comisión revisora de tesis, designada por la jefatura de la carrera de Ingeniería en Acuicultura de la Universidad del Papaloapan, con la finalidad de examinar el anteproyecto de tesis titulado "Evaluación de la densidad de siembra sobre el desempeño productivo en la etapa juvenil temprana de la mojarra negra (Vieja fenestrata)" presentado por la alumna Herlinda Flor Sánchez Cruz, con número de matrícula 15040060, aspirante al grado de Ingeniero en Acuicultura.

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la comisión manifestaron QUE LA TESIS SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES, OTORGANDO SU APROBACIÓN PARA QUE EL ASPIRANTE PUEDA PROCEDER CON EL PROCESO DE TITULACIÓN.

Loma Bonita, Oax., a 07 de abril de 2021.

ATTE.

| | | |
|---|--|--|
| Director de Tesis  Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez Profesor-Investigador UNPA | LA COMISIÓN REVISORA | Codirector de Tesis  M. C. Daniel Calzada Ruíz |
| Revisor de Tesis  Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez Profesor-Investigador UNPA | Revisor de Tesis  Dr. José Manuel Juárez Barrientos Profesor-Investigador UNPA | Revisor de Tesis  Dr. Emyr Saúl Peña Marin Profesor-Investigador Universidad Juárez Autónoma de Tabasco |

c.c.p. M. C. Héctor López Arjona.- Vice-Rector Académico.- Para su conocimiento.
c.c.p. M. E. Yesenia Barrientos Arenal.- Jefa del Depto. de Servicios Escolares.- M/fin.
c.c.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez.- M/fin.
c.c.p. M. C. Daniel Calzada Ruíz.- M/fin.
c.c.p. Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez.- M/fin.
c.c.p. Dr. José Manuel Juárez Barrientos.- M/fin.
c.c.p. Dr. Emyr Saúl Peña Marin.- M/fin.
c.c.p. Herlinda Flor Sánchez Cruz.- M/fin.
c.c.p. Expediente profesores.
c.c.p. Archivo.



Universidad del Papaloapan

Terra Uberrima, Mens Aperta

Ingeniería en Acuicultura

Oficio No. JCIA/015/10

Asunto: Jurado de Examen profesional
Loma Bonita, Oaxaca, a 11 de mayo de 2021

M. E. YESENIA BARRIENTOS ARENAL
JEFA DEL DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN
P R E S E N T E

Por medio del presente, informo a usted la conformación del Jurado del Examen Profesional de la C. **HERLINDA FLOR SÁNCHEZ CRUZ** (número de matrícula 15040060), egresada de la Carrera de **INGENIERÍA EN ACUICULTURA** de la Universidad del Papaloapan.

Sinodales titulares:

| | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Dr. José Manuel Juárez Barrientos | Presidente del Jurado |
| Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez | Secretario del Jurado |
| Dr. Emyr Saúl Peña Marin | Vocal del Jurado |

Sinodales suplentes:

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez | Primer suplente del Jurado |
| M. C. Raúl Moreno de la Torre | Segundo suplente del Jurado |

Sin más por el momento y agradeciendo su atención a la presente, le envío un cordial saludo.

Atentamente:
terra uberrima, mens aperta
Bou Lo-tama chí jí jú

M. C. Raúl Moreno de la Torre

Jefe de la Carrera de
Ingeniería en Acuicultura



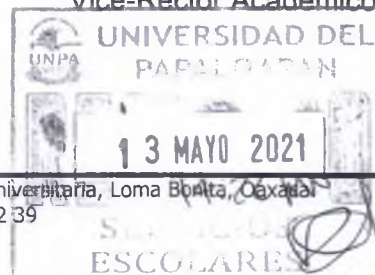
Vo. Bo. M. C. Héctor López Arjona
Vice-Rector Académico

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN



c.c.p. M. C. Héctor López Arjona.- Vice-Rector Académico.
c.c.p. Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez.- Director de tesis.- Para su conocimiento.
c.c.p. Archivo.

Universidad del Papaloapan. Campus Loma Bonita, Col. Cd. Universitaria, Loma Bonita, Oaxaca
C.P. 68100. Tel: 01 (281) 87 222 39
www.unpa.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Papaloapan, por la oportunidad de formar parte de la institución, por facilitarme las instalaciones para llevar a cabo mis estudios y el apoyo brindado durante mi estancia.

A mis padres, Trinidad Gonzalo Martínez Cruz y Maximina Cruz Hernández, por el apoyo incondicional que me brindaron, su cariño y por la confianza que depositaron en mí. Estaré eternamente agradecida por todo el trabajo duro que realizaron para apoyarme económicamente, nada de esto hubiera sido posible sin ustedes, gracias.

A mis directores de tesis:

Al Dr. Juan Pablo Alcántar Vázquez, le agradezco todo el apoyo, el asesoramiento, el tiempo y dedicación brindado para el desarrollo de este trabajo. Así también, gracias por su amabilidad, las palabras de ánimo y apoyo que me alentaron a seguir adelante durante estos años.

Al M.C. Daniel Calzada Ruíz, gracias por la confianza, por brindarme las herramientas, el apoyo y el asesoramiento para la realización de este trabajo.

A los revisores, Dr. José Manuel Juárez Barrientos, Dr. Nicolás Valenzuela Jiménez y Dr. Emyr Saúl Peña Marín, por sus valiosas aportaciones para la mejora de este trabajo.

DEDICATORIA

*A Trinidad Gonzalo Martínez Cruz, hombre trabajador,
de corazón noble y un padre para mí.*

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS | i |
| DEDICATORIA..... | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | iv |
| Resumen | v |
| Abstract..... | vi |
| 1.- INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1.- Marco teórico..... | 1 |
| 2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 5 |
| 3.- JUSTIFICACIÓN | 6 |
| 4.- ANTECEDENTES | 8 |
| 5.- OBJETIVOS..... | 10 |
| 5.1.- Objetivo general | 10 |
| 5.2.- Objetivos particulares..... | 10 |
| 6.- MATERIALES Y MÉTODOS | 11 |
| 6.1.- Ubicación del experimento..... | 11 |
| 6.2.- Obtención de ejemplares..... | 11 |
| 6.3.- Diseño experimental | 12 |
| 6.4.- Desarrollo experimental..... | 12 |
| 6.5.- Evaluación del desempeño | 13 |
| 6.6.- Análisis estadísticos..... | 14 |
| 7.- RESULTADOS..... | 15 |
| 7.1.- Peso final (PF) | 15 |
| 7.2.- Longitud total final (LTF) | 16 |
| 7.3.- Tasa de crecimiento específica (TCE) | 17 |
| 7.4.- Ganancia diaria de peso (GDP) | 18 |
| 7.5.- Ganancia de peso porcentual (GP%)..... | 19 |
| 7.6.- Factor de conversión alimenticia (FCA) | 20 |
| 7.7.- Supervivencia (S) | 21 |
| 8.- DISCUSIÓN..... | 22 |
| 9.- CONCLUSIONES..... | 29 |
| 10.- RECOMENDACIONES..... | 30 |
| 11.- LITERATURA CITADA | 31 |

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Peso final (PF) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹). 15
- Figura 2.** Longitud total final (LTF) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹). 16
- Figura 3.** Tasa de crecimiento específica (TCE) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹)... 17
- Figura 4.** Ganancia diaria de peso (GDP) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹). 18
- Figura 5.** Ganancia de peso porcentual (GP%) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹)... 19
- Figura 6.** Factor de conversión alimenticia (FCA) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹)... 20
- Figura 7.** Supervivencia (S) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹). 21

Resumen

La rápida velocidad de crecimiento de la acuicultura y los diferentes desafíos que implica, han promovido la investigación encaminada a la implementación de cultivos de especies nativas, pues dentro de la acuicultura sustentable, son de las opciones más viables. A este respecto, una opción para el estado de Oaxaca es la mojarra negra o morro colorado (*Vieja fenestrata*), una especie nativa de importancia para la pesca artesanal de la zona norte del estado y con alta aceptación en los mercados locales. Sin embargo, la adopción de especies nativas para su cultivo implica la generación de información en diferentes aspectos, siendo la densidad de siembra uno de los de mayor importancia. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el desempeño productivo y la supervivencia de los juveniles de *V. fenestrata*. Se empleó un diseño experimental completamente aleatorizado de un factor, probando cuatro densidades de siembra por triplicado (0.5, 2, 4 y 6 juveniles · L⁻¹). Los juveniles fueron sembrados en un sistema de recirculación compuesto por 12 acuarios de acrílico a un volumen de agua de 30 L y alimentados a una ración inicial del 20%. El experimento duró en total 30 días. Se realizaron biometrías cada 15 días y con los datos de peso húmedo (PH) y longitud total (LT) se calculó la tasa de crecimiento específica (TCE), la ganancia diaria de peso (GDP), la ganancia de peso porcentual (GP%) y el factor de conversión alimenticia (FCA). La supervivencia se calculó al final de cada biometría. Se obtuvo un peso final (PF) significativamente mayor ($P < 0.001$) para los tratamientos L y M en comparación con los tratamientos H y S, de igual forma, la longitud total final (LTF) fue significativamente más alta ($P < 0.001$) para el tratamiento L. Por el contrario, para la TCE y la GP%, el tratamiento L fue el que registró los valores significativamente más bajos ($P > 0.001$). La GDP registró el valor significativamente más alto ($P < 0.001$) para el tratamiento M, seguido de los tratamientos L y H. El FCA mostró valores por encima de 2.0 en todos los tratamientos, registrando los valores significativamente más bajos ($P > 0.001$) en el tratamiento M, seguido del tratamiento H. Por último, la supervivencia al final del experimento fue significativamente mayor ($P < 0.001$) en el tratamiento L en comparación con los tratamientos H y S. Los resultados obtenidos muestran que la densidad de siembra tiene efecto claro sobre el crecimiento y supervivencia de los juveniles de la mojarra negra.

Palabras clave: *Vieja fenestrata*, especie nativa, densidad de siembra, crecimiento, supervivencia.

Abstract

The rapid growth rate of aquaculture and the different challenges it implies, have promoted research aimed at the implementation of native species cultures, since within sustainable aquaculture, they are one of the most viable options. In this regard, one option for the state of Oaxaca is the black mojarra or morro colorado (*Vieja fenestrata*), a native species of importance for artisanal fishing in the northern part of the state and with high acceptance in local markets. However, the adoption of native species for cultivation implies the generation of information on different aspects, with rearing density being one of the most important. The objective of this study was to evaluate the effect of different rearing densities on the productive performance and survival of juvenile *V. fenestrata*. A one-factor completely randomized experimental design was used, testing four seeding densities in triplicate (0.5, 2, 4 and 6 juveniles · L⁻¹). The juveniles were reared in a recirculation system composed of 12 acrylic aquaria at a water volume of 30 L and fed at an initial ration of 20%. The experiment lasted a total of 30 days. Biometries were performed every 15 days and with the data of wet weight (PH) and total length (LT), the specific growth rate (TCE), daily weight gain (GDP), percent weight gain (GP%) and feed conversion factor (FCA) were calculated. Survival was calculated at the end of each biometry. Final weight (PF) was significantly higher ($P < 0.001$) for treatments L and M compared to treatments H and S. Similarly, final total length (LTF) was significantly higher ($P < 0.001$) for treatment L. On the contrary, for TCE and GP%, treatment L was the one that recorded the significantly lower values ($P > 0.001$). The GDP registered the significantly highest value ($P < 0.001$) for treatment M, followed by treatments L and H. The FCA showed values above 2.0 in all treatments, registering the significantly lowest values ($P > 0.001$) in treatment M, followed by treatment H. Finally, survival at the end of the experiment was significantly higher ($P < 0.001$) in treatment L compared to treatments H and S. The results obtained show that rearing density has a powerful effect on the growth and survival of the black mojarra juvenile.

Keywords: *Vieja fenestrata*, native species, rearing density, growth, survival.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Marco teórico

Las proyecciones para el año 2050, indican una población mundial que alcanzará los 10,000 millones de habitantes, lo que representa grandes desafíos para la seguridad alimentaria (FAO, 2017). De acuerdo con la Cumbre Mundial de la Alimentación (1996) “la seguridad alimentaria, se consigue cuando todas las personas en todo momento tienen acceso físico y económico a suficiente alimento seguro y nutritivo para cubrir sus necesidades y preferencias alimenticias, para llevar una vida activa y sana”. Sin embargo, el abasto de alimento se encuentra en peligro a causa de una creciente presión sobre los recursos naturales, los efectos del cambio climático y el aumento de la desigualdad social. Por tal motivo, frente a estos grandes desafíos, la acuicultura ha adquirido gran importancia en los últimos años en el campo de producción alimenticia (FAO, 2017; HLPE, 2014).

Según la ley de pesca y acuicultura sustentable (LGPAS), la acuicultura es el “conjunto de actividades dirigidas en la reproducción controlada, pre-engorda y engorda de especies acuáticas de interés comercial, ornamental o recreativa en agua dulce, marina o salobre, por medio de técnicas de crianza o cultivo” (LGPAS, 2007). El aporte de esta actividad a la producción mundial en el año 2016, fue de 80 millones de toneladas de peces comestibles (FAO, 2018), siendo la acuicultura de aguas continentales la que ha liderado la producción con una tasa media de crecimiento anual del 9.2% con respecto al cultivo de especies marinas cuya tasa media de crecimiento anual ha sido del 7.6% (FAO, 2014).

La acuicultura en México por lo general se desarrolla en torno a solo algunas especies, en su mayoría introducidas, como tilapias, bagres, lobinas, truchas, carpas (Álvarez *et al.*, 2013). Lo anterior trae consecuencias negativas al desarrollo de la acuicultura sustentable, las cuales sumadas a la sobrepesca y al incremento de los índices de contaminación, han promovido estudios encaminados a la implementación de cultivos de especies nativas que presentan características adecuadas para tolerar las condiciones regionales (Arias-Rodríguez *et al.*, 2008). El cultivo de especies nativas tiene grandes ventajas entre las que se encuentra una mejor adaptación al clima, a la calidad del agua de la región y el hábito de consumo de la población, además representa una vía para atender a la seguridad alimentaria de la población (Atencio, 2001; Rojas y Mendoza, 2000). Sin embargo, la adopción de especies nativas para su producción en cautiverio implica la generación de información de aspectos biológicos, nutricionales, reproductivos, larvicultura y alevinaje, y parámetros fisicoquímicos, así como su proceso de domesticación que tenga por objeto habituar a los peces a la manipulación y presencia del hombre (Atencio, 2001; Ross *et al.*, 2008; Dávila-Camacho *et al.*, 2019).

En estados como Tabasco y Chiapas se han empezado a realizar estudios en especies dulceacuícolas de importancia económica y cultural como la tenguayaca (*Petenia splendida*, Günther, 1862) y la castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*, Günther, 1862) (Álvarez *et al.*, 2013).

En Oaxaca, una especie nativa de importancia para la pesca artesanal es la mojarra negra o morro colorado (*Vieja fenestrata*, Günther, 1860). Esta especie se distribuye en América del Norte, desde el río Papaloapan hasta el sur de México

(Froese y Pauly, 2019). Es una especie que se ha utilizado en policultivos junto con la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) y a pesar de no alcanzar la misma tasa de crecimiento que la tilapia, ésta es similar, al igual que la supervivencia. Aunado a lo anterior, presentan alta aceptación en los mercados locales, por lo cual, es una especie que se encuentra en investigación en la Universidad del Papaloapan en colaboración con la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACBIOL) (Comunicación Personal).

Al respecto, es importante considerar que, para poder establecer un cultivo de peces dulceacuícolas, se deben de superar los diferentes problemas que conlleva la producción de estos organismos en las etapas de juvenil temprano, con el fin de incrementar la tasa de crecimiento y supervivencia (Jiménez *et al.*, 2009); pues el periodo juvenil temprano es en general en los peces muy delicado en su ciclo de vida, ya que aún no están domesticados para su manipulación. En este sentido, la densidad es uno de los factores más importantes a tomar en cuenta.

En acuicultura, el concepto de densidad debe indicar la concentración inicial a la que se colocan los peces en un sistema, sin embargo, se usa para referirse a tal condición en cualquier momento (Chakraborty y Banerjee, 2010). En las operaciones de cultivo de peces, la densidad de siembra es uno de los parámetros de gran importancia, ya que influye directamente en la supervivencia, crecimiento, comportamiento, salud, calidad de agua (oxígeno disuelto, pH, amonio), alimentación y la producción (de Oliveira *et al.*, 2012). De tal manera que, para maximizar la producción y rentabilidad, así como la calidad, es necesario determinar

la densidad de siembra óptima, así como los efectos de la densidad para cada especie y fase de producción (Abdo-de la Parra *et al.*, 2010; Rowland *et al.*, 2006).

A este respecto, es importante señalar que la literatura sobre el cultivo de *V. fenestrata*, es prácticamente nula, por lo que el presente estudio constituye un primer acercamiento para conocer el potencial de la especie para el cultivo.

2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, las poblaciones naturales de peces nativos se ven afectados principalmente por la sobreexplotación, alteraciones antropogénicas del hábitat y la introducción de especies exóticas (Martínez-Cárdenas *et al.*, 2014). De ahí que, la diversificación y experimentación con especies nativas de peces, es fundamental para crear una industria acuícola propia, a fin de proteger nuestros ecosistemas y la integridad de las comunidades naturales (Rojas y Mendoza, 2000). Sin embargo, una de las principales limitantes para el desarrollo en cultivo es la falta de conocimientos para determinar el potencial de dichas especies (Rojas y Mendoza, 2000).

El cultivo de peces nativos se enfrenta a problemas tales como valores bajos de supervivencia y crecimiento heterogéneo. Lo anterior cobra más importancia en especies de cíclidos, ya que son peces muy territoriales y agresivos (Jiménez *et al.*, 2009), lo que puede complicar su crecimiento y supervivencia. García y Zaniboni (2006), indican que las diferencias de tallas generada por una densidad de siembra inadecuada estimulan la aparición de canibalismo.

Lo anterior vuelve de especial importancia el estudio de la densidad de siembra en las diferentes etapas del cultivo de la mojarra negra, ya que es un parámetro base que nos permitirá determinar otros aspectos del cultivo, como lo son aspectos nutricionales, reproductivos y de mejoramiento genético (reversión sexual), entre otros.

3.- JUSTIFICACIÓN

Este estudio representa la oportunidad de establecer el número de organismos por metro cúbico de agua (densidad de siembra) para obtener un desarrollo adecuado de los peces, con una alta tasa de crecimiento y supervivencia. Ésta característica es importante al momento de establecer el tamaño de las instalaciones (estanques, filtros, aireadores), la cantidad de alimento y los parámetros de calidad de agua, que deben de ser controlados para un desarrollo óptimo de los peces (Alcántar-Vázquez *et al.*, 2014).

En las especies cultivadas, las etapas tempranas son de gran importancia, ya que un buen manejo durante estas etapas podría asegurar niveles altos de supervivencia y crecimiento. Sin embargo, es necesario establecer primero las densidades de siembra adecuadas que favorezcan lo anterior, al mismo tiempo que reducen enfermedades y los comportamientos antagónicos.

En la práctica, las densidades a las que los productores mantienen sus organismos se basan en la experiencia, en pruebas y en manuales que han sido diseñados para otras especies (ejemplo, la tilapia del Nilo). Razón por la cual, la información sobre el efecto de la densidad de población durante el cultivo de la mojarra negra es limitada a miembros de la misma familia (Cichlidae), por lo que deberá generarse información específica para esta especie y transmitirse de manera directa a los productores en el corto plazo, con la finalidad de establecer parámetros adecuados para su cultivo futuro en la región.

Por último, los cíclidos nativos (como *V. fenestrata*) son un recurso pesquero muy importante en el Sureste de México, por lo tanto, el desarrollo de técnicas de

cultivo es necesario y valioso para el desarrollo y la nutrición de las comunidades de bajos ingresos, así como una estrategia para proteger a las especies (Pérez-Sánchez y Páramo-Delgadillo, 2008).

4.- ANTECEDENTES

Debido a su importancia, los estudios relacionados a la densidad de siembra son diversos, entre ellos, el estudio realizado por El-Sayed (2002) donde se evaluó el efecto de la densidad de población y los niveles de alimentación sobre el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los alevines de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), encontrando que la supervivencia de los peces, el porcentaje de ganancia de peso y la tasa de crecimiento específica se correlacionaron negativamente con la densidad de población. El mejor rendimiento se logró con 3 alevines $\cdot L^{-1}$, la cual fue la densidad más baja del experimento.

Amador-del Ángel *et al.* (2002) determinaron el efecto de la densidad de población sobre el crecimiento de alevines de cíclidos pelirrojos *Cichlasoma synspillum* (Hubbs, 1935), evaluando cuatro densidades (0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 peces $\cdot L^{-1}$) y encontrando que las densidades más altas influyen negativamente en el crecimiento de *C. synspillum*, debido a que el peso final individual promedio fue significativamente menor en el tratamiento 2.0 alevines $\cdot L^{-1}$, encontrándose la densidad óptima en 0.5 a 1.0 alevines $\cdot L^{-1}$.

Con respecto a estudios en especies nativas en el sur del país, se tiene el estudio realizado por Jiménez *et al.* (2009) quienes evaluaron el efecto de la densidad óptima de siembra inicial para el cultivo de las larvas de la castarrica (*C. urophthalmus*) y tenguayaca (*P. splendida*), probando cinco densidades diferentes por triplicado (0.5, 1, 5, 10 y 20 larvas $\cdot L^{-1}$). Sus resultados mostraron que el aumento en la densidad de población disminuyó el crecimiento de las larvas de ambas especies, las larvas almacenadas en las densidades más bajas (0.5 y 1

larvas $\cdot L^{-1}$) presentaron el mayor crecimiento para ambas especies y la supervivencia en las larvas de *P. splendida* sembradas a densidades de 0.5, 1, 5 y 10 larvas $\cdot L^{-1}$ obtuvieron los valores más altos.

Por último, Aragón-Flores *et al.* (2014) examinaron el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento, supervivencia y la condición en el cíclido mexicano (*Cichlasoma beanii*, Jordan, 1889), encontrando que la densidad óptima es de 3 peces $\cdot 40 L^{-1}$ ya que los organismos fueron más largos, más pesados y crecieron más rápido que en el resto de los tratamientos, sin embargo, la supervivencia fue la más baja, debido al comportamiento agresivo de los peces en ese tratamiento.

5.- OBJETIVOS

5.1.- Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el desempeño productivo y supervivencia de la mojarra negra (*V. fenestrata*).

5.2.- Objetivos particulares

1.- Evaluar el peso y longitud obtenido a diferentes densidades de siembra en la mojarra negra (*V. fenestrata*).

2.- Evaluar los índices productivos y de eficiencia alimenticia obtenidos a diferentes densidades de siembra en la mojarra negra (*V. fenestrata*).

3.- Evaluar la supervivencia obtenida a diferentes densidades de siembra en la mojarra negra (*V. fenestrata*).

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.- Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio acuícola de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, ubicada en la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, México, localizada entre los 18° 06' latitud norte y 95° 53' longitud oeste, a una altura de 30 msnm. La temperatura y precipitación promedio anuales son 25.7 °C y 1802 mm respectivamente (INEGI, 2006).

6.2.- Obtención de ejemplares

Los ejemplares de la mojarra negra (*V. fenestrata*) fueron obtenidos a partir de un lote de reproductores mantenidos dentro de las instalaciones de la granja acuícola Inovapez ubicada en la localidad de Obispo a 8 km de las instalaciones del laboratorio acuícola.

Los reproductores se mantuvieron en un estanque circular (10 m de diámetro) de geomembrana con recambios de un 5% diario, a una proporción de una hembra por tres machos (200 a 300 g). La alimentación se basó en alimento comercial para tilapia de la marca Nutripec, con un contenido de 26% de proteína y 10% de lípidos, el cual fue proporcionado tres veces al día (8, 13, 18 h) a saciedad aparente.

Una vez que los reproductores desovaron, se dejaron transcurrir 15 días para disminuir el nivel de agua de los estanques y se capturaron los organismos, separando los juveniles tempranos de sus progenitores mediante redes de malla fina y se pusieron en una hielera con agua y aireación para ser trasladados al laboratorio de acuicultura de la Universidad del Papaloapan para ser analizados.

6.3.- Diseño experimental

Para determinar el efecto de las diferentes densidades de siembra sobre los índices evaluados, se empleó un diseño simple completamente aleatorizado de un factor (densidad de siembra). Las unidades experimentales fueron acuarios de acrílico con dimensiones de 0.45 x 0.45 x 0.42 m, con una altura de agua de 12 cm y un volumen de agua de 30 L en un sistema de recirculación, conectados a un filtro mecánico y un biofiltro. Se asignaron los organismos en los acuarios a diferentes densidades: 0.5, 2, 4 y 6 juveniles · L⁻¹ (15, 60, 120 y 180 por acuario respectivamente), denominados como densidad baja (L), media (M), alta (H) y muy alta (S) respectivamente. Cada tratamiento contó con tres replicas.

6.4.- Desarrollo experimental

Antes de asignar los organismos a las unidades experimentales se tomaron registros de peso húmedo y longitud total, en el cual el peso promedio inicial fue de 90 mg (0.09 g) y la longitud promedio inicial fue de 1.71 cm. Posteriormente se realizaron biometrías a los días 15 y 30 de la siembra. Para las biometrías se colectó una muestra al azar de 10 ejemplares por cada replica de cada tratamiento. Para el registro del peso húmedo se utilizó una balanza digital (Ohaus® ± 0.01) y para los registros de longitud total mediante la toma de fotografías digitales que posteriormente fueron analizadas con el programa de ImageJ® (Versión 1.52v, Wayne Rasband).

Diariamente se registró la temperatura y oxígeno con la ayuda de un medidor portátil de oxígeno (Pro2030 - YSI); y el pH y amonio, con el auxilio de un fotómetro multiparámetro para calidad de agua (Marca Hanna Instruments, Modelo: HI83303).

Se alimentó con una ración diaria inicial del 20% (0.28, 1.13, 2.25 y 3.38 g respectivamente para cada tratamiento de 0.5, 2, 4 y 6 juveniles · L⁻¹) cinco veces al día, cada dos horas y media (8:30, 11:00, 13:30, 16:00 y 18:30h). A partir de la segunda biometría (15 días), se realizó un ajuste en la ración alimenticia con base en la biomasa obtenida. En cada alimentación, se cerró el flujo de agua diez minutos antes de la asignación del alimento y posteriormente se dejó otros 10 minutos, esto con la finalidad de facilitar el consumo del alimento. Para evitar el deterioro del agua y prevenir posible proliferación microbiana, se realizaron sifoneos diarios para retirar de los acuarios el alimento no consumido, las heces y los organismos muertos.

6.5.- Evaluación del desempeño

Finalizado el experimento, se calcularon los siguientes parámetros para obtener el desempeño de los juveniles de *V. fenestrata*:

Tasa de crecimiento específica (TCE):

$$TCE (\% \cdot \text{día}^{-1}) = \left[\frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{Tiempo de cultivo}} \right] \times 100$$

Ganancia diaria de peso (GDP):

$$GDP (mg \cdot \text{día}^{-1}) = \frac{(\text{Peso final} - \text{Peso inicial})}{\text{Tiempo de cultivo}}$$

Ganancia de peso porcentual (GP%):

$$GP\% = \left[\frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \right] \times 100$$

Factor de conversión alimenticia (FCA):

$$FCA = \frac{\textit{Alimento suministrado}}{\textit{Peso final} - \textit{Peso inicial}}$$

Supervivencia (S):

$$S (\%) = \frac{\textit{Número final de peces}}{\textit{Número inicial de peces}} \times 100$$

6.6.- Análisis estadísticos

Previo al análisis de los datos, se usaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Levene para verificar los supuestos de normalidad y homocedasticidad respectivamente, para la posterior realización de una prueba paramétrica. Una vez cumplido los supuestos se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y el uso a posteriori de la prueba de Tukey. Para el caso de la supervivencia, previo a su análisis se transformó a arcoseno. Los análisis se llevaron a cabo mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI (versión 16.1.03).

7.- RESULTADOS

7.1.- Peso final (PF)

El contraste de medias del peso final (PF) evaluado bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 20.31$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 67.22$, $P < 0.001$) (Figura 1). En el día 15, el tratamiento L (370 ± 0.01 mg) fue significativamente mayor ($P < 0.05$) con respecto a los tratamientos M (330 ± 0.01 mg), H (310 ± 0.01 mg) y S (290 ± 0.01 mg). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos M y H. En el día 30, los valores observados en los tratamientos L (710 ± 0.01 mg) y M (720 ± 0.01 mg) fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) en comparación con los tratamientos H (660 ± 0.01 mg) y S (600 ± 0.01 mg).

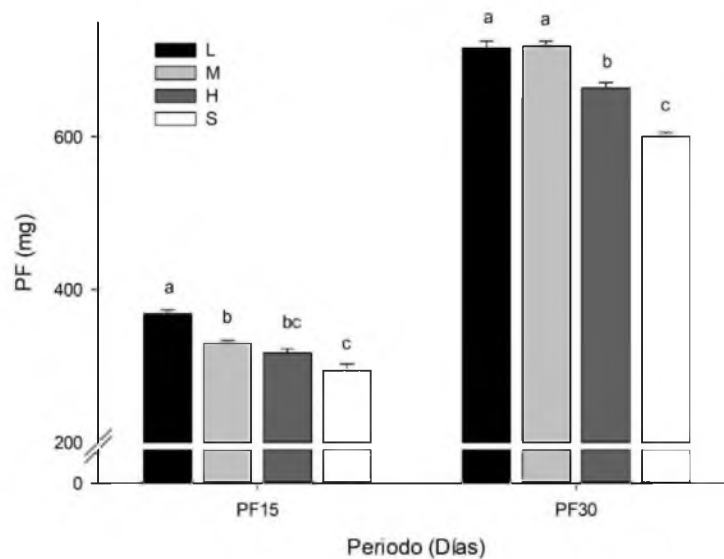


Figura 1. Peso final (PF) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles \cdot L⁻¹).

7.2.- Longitud total final (LTF)

El contraste de medias de la longitud total final (LTF) evaluada bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 23.01$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 15.93$, $P < 0.001$) (Figura 2). En el día 15, los resultados de LTF fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) en el tratamiento L (2.63 ± 0.01 cm) en comparación con los tratamientos H (2.53 ± 0.02 cm) y S (2.43 ± 0.05 cm). No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos L y M (2.61 ± 0.02 cm). Para el día 30, se observó una tendencia similar, con el tratamiento L (3.33 ± 0.06 cm) mostrando los valores más altos en comparación con los tratamientos H (3.22 ± 0.01 cm) y S (3.15 ± 0.01 cm).

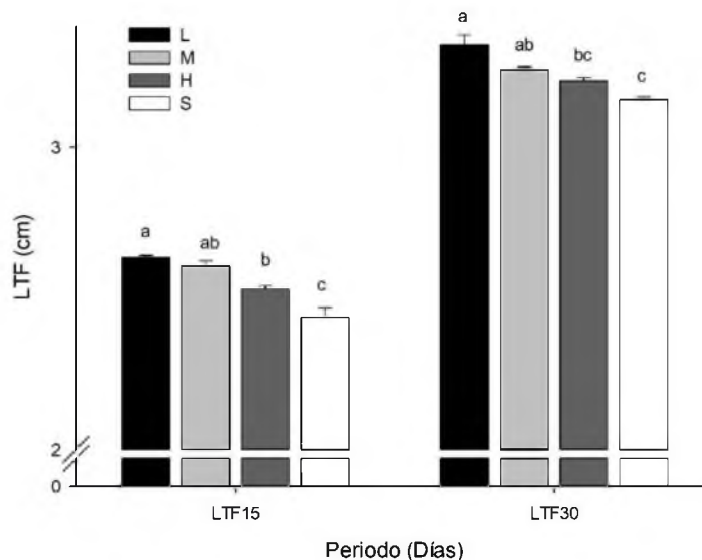


Figura 2. Longitud total final (LTF) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹).

7.3.- Tasa de crecimiento específica (TCE)

El contraste de valores promedio de la tasa de crecimiento específica (TCE) evaluada bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 23.09$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 8.92$, $P < 0.01$) (Figura 3). En el día 15, el tratamiento L (9.10 ± 0.16) presentó la mayor TCE con respecto a los tratamientos M (8.37 ± 0.14), H (8.10 ± 0.20) y S (7.61 ± 0.33). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos M y H. Para el día 30, el tratamiento L (4.43 ± 0.13) presentó una TCE significativamente menor ($P > 0.05$) en comparación con los tratamientos, M (5.19 ± 0.10) y H (4.93 ± 0.17). No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos L y S (4.75 ± 0.27).

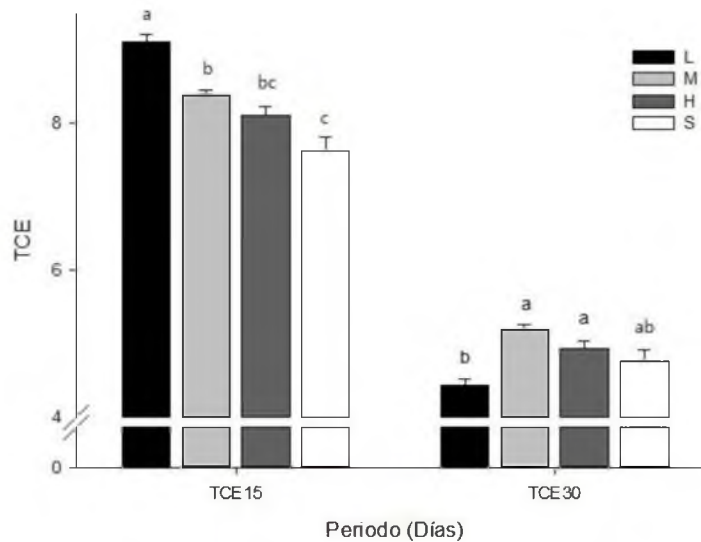


Figura 3. Tasa de crecimiento específica (TCE) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹).

7.4.- Ganancia diaria de peso (GDP)

El contraste de medias de la ganancia diaria de peso (GDP) evaluada bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 26.02$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 29.09$, $P < 0.001$) (Figura 4). En el día 15, el resultado obtenido fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento L (18.26 ± 0.61), con respecto a los tratamientos M (15.71 ± 0.45), H (14.84 ± 0.65) y S (13.36 ± 0.96). No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos M y H. Para el día 30, a diferencia del día 15, la GDP fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento M (25.93 ± 0.54), en comparación con los tratamientos L (23.17 ± 0.82), H (23.13 ± 0.72) y S (20.37 ± 0.79).

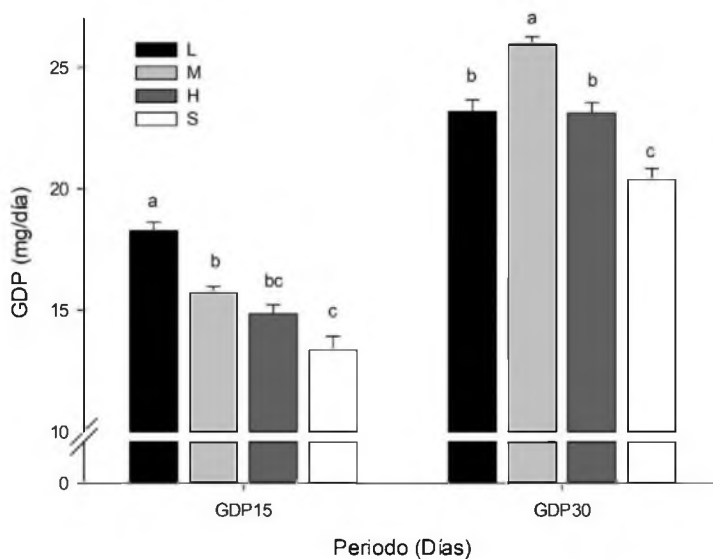


Figura 4. Ganancia diaria de peso (GDP) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹).

7.5.- Ganancia de peso porcentual (GP%)

El contraste de medias de la ganancia de peso porcentual (GP%) evaluada bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 26.02$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 9.02$, $P < 0.01$) (Figura 5). En el día 15, el resultado obtenido fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en el tratamiento L (291.74 ± 9.75) con respecto a los demás tratamientos, M (250.93 ± 7.24), H (237.09 ± 10.50) y S (213.32 ± 15.51). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos M y H. Para el día 30, la GP% fue significativamente baja ($P > 0.05$) en el tratamiento L (94.50 ± 3.76) en comparación con los tratamientos M (118.03 ± 3.46) y H (109.67 ± 5.58). No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos L y S (104.11 ± 8.50).

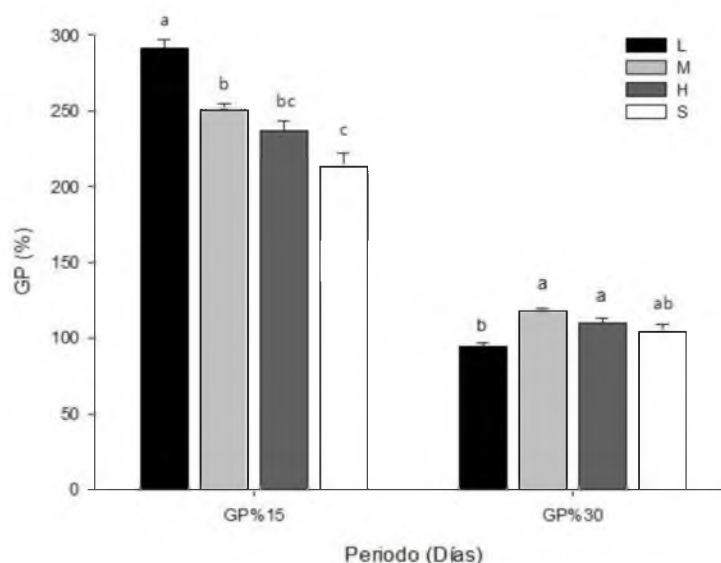


Figura 5. Ganancia de peso porcentual (GP%) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹).

7.6.- Factor de conversión alimenticia (FCA)

El contraste de medias del factor de conversión alimenticia (FCA) evaluado bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas en los días muestreados después de la siembra de los juveniles (15: ANOVA, $F_{3,12} = 11.56$, $P < 0.001$ y 30: ANOVA, $F_{3,12} = 9.86$, $P < 0.001$) (Figura 6). En el día 15, los valores de FCA fueron significativamente más bajos ($P > 0.05$) en los tratamientos L (1.09 ± 0.04) y M (1.19 ± 0.03) en comparación con el tratamiento S (1.41 ± 0.11). En el día 30, a diferencia del día 15, el tratamiento L (2.48 ± 0.10) mostró el valor significativamente más alto ($P < 0.05$) en comparación con los tratamientos M (2.11 ± 0.09) y H (2.22 ± 0.08). No se observaron diferencias significativas en los tratamientos L y S (2.35 ± 0.07).

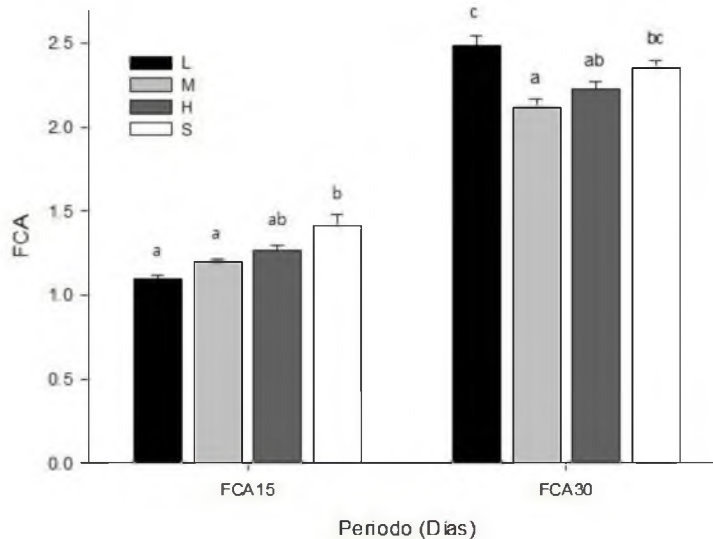


Figura 6. Factor de conversión alimenticia (FCA) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles · L⁻¹).

7.7.- Supervivencia (S)

El contraste de medias de la supervivencia (S) evaluada bajo cuatro diferentes densidades de siembra (L, M, H y S) indica que existen diferencias significativas solo para el día 30 muestreado (30: ANOVA, $F_{3,12} = 13.52$, $P < 0.001$) (Figura 6). El tratamiento L (89.00 ± 3.46) fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que los tratamientos H (81.00 ± 3.60) y S (76.00 ± 1.00), pero estadísticamente similar al tratamiento M (86.00 ± 1.73).

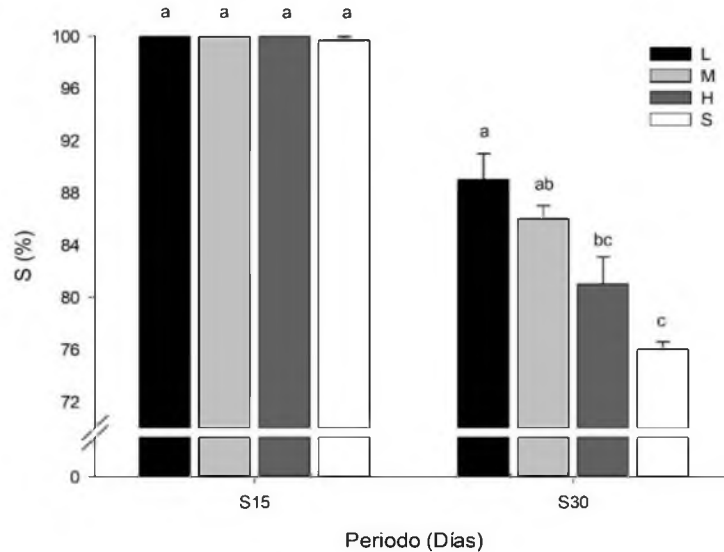


Figura 7. Supervivencia (S) de los días muestreados (día 15 y 30) después de la siembra de los juveniles de la mojarra negra (*V. fenestrata*) criados a cuatro densidades diferentes (L: 0.5, M: 2, H: 4 y S: 6 juveniles $\cdot L^{-1}$).

8.- DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para el PF y LTF indicaron que los mejores resultados se obtuvieron para las densidades baja y media (L y M). Lo anterior probablemente fue el resultado de la baja competencia tanto por el alimento como por el territorio, por lo que el consumo y la asimilación de nutrientes del alimento fue mayor en los tratamientos de baja y media densidad. Lo anterior ha sido sugerido por Aragón-Flores *et al.* (2014) en *C. beanii*, donde observaron que los mayores pesos y longitudes se obtuvieron en el tratamiento de menor densidad, atribuyéndolo a la falta de competencia, lo cual aumentó el consumo de alimento. De igual forma, Martínez-Cárdenas *et al.* (2020) en juveniles de *Atractosteus tropicus* reportan que la ausencia de competencia en las densidades más bajas provocó un aumento en el consumo de alimento y asimilación de nutrientes. Lo anterior evidencia que la densidad de siembra tiene un claro efecto sobre el crecimiento de los peces, ya que a densidades por encima del valor óptimo aumenta la competencia, provocando que los organismos más fuertes, que generalmente son aquellos de mayor tamaño, se alimenten primero y eviten que los más pequeños puedan hacerlo, lo que se ve reflejado en última instancia en el crecimiento y supervivencia obtenidos (Álvarez-González *et al.*, 2001).

En un estudio realizado con alevines de dos cíclidos nativos, *P. splendida* y *C. urophthalmus*, probando densidades (0.5, 1, 5, 10 y 20 larvas · L⁻¹) similares al presente estudio, Jiménez *et al.* (2009) reportan que los pesos y longitudes totales promedio fueron más altas para las densidades menores de 0.5 y 1 larva · L⁻¹ en ambas especies, con un peso promedio de 0.81 g y 0.80 g y una longitud total

promedio de 52.5 mm y 49.9 mm respectivamente para *P. Splendida*, mientras que para *C. urophthalmus* se observó un peso promedio de 0.78 g y 0.77 g y longitud total promedio de 46.0 mm y 45.6 mm respectivamente; valores más altos a los obtenidos en el presente trabajo, aunque esta diferencia pudo haber sido causada por la especie y el tiempo de cultivo, ya que los autores llevaron su experimento hasta los 45 días.

En cuanto al crecimiento en términos de TCE, GDP y GP%, este fue significativamente mayor en la densidad baja (L) durante los primeros 15 días de cultivo, sin embargo, a los 30 días de cultivo, las densidades (M, H y S), mostraron valores estadísticamente similares en TCE y GP%, por su parte, la GDP mostró diferencias marcadas entre los tratamientos. Los valores observados de TCE y GP% pudieron haber sido ocasionados por el incremento de la mortalidad observada a partir de los 15 días de cultivo, lo cual afectó la densidad inicial. Sin embargo, lo anterior también puede indicar que las densidades utilizadas no fueron lo suficientemente altas para reducir la TCE y la GP%. En este sentido, es claro que la densidad tiene influencia sobre el crecimiento, aunque probablemente se requiera probar de densidades más altas para observar un efecto concluyente. El-Sayed (2002) en alevines de tilapia del Nilo de peso inicial 0.016 g, encontró que la TCE y la GP% se correlacionaron negativamente con la densidad de población, siendo las densidades bajas probadas (3 y 5 alevines \cdot L⁻¹), las de mejor resultado. Martínez-Cárdenas *et al.* (2020) en juveniles de *A. tropicus*, probando tres densidades de siembra, encontraron un mayor crecimiento en términos de TCE ($2.27 \pm 0.12 \% \cdot d^{-1}$

¹) y GDP ($0.2337 \pm 0.0216 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$) a una densidad baja de $100 \text{ juveniles} \cdot \text{m}^{-3}$ ($0.1 \text{ juveniles} \cdot \text{L}^{-1}$).

Amador-del Ángel *et al.* (2002) en un estudio similar con alevines de *C. synspillum* de peso inicial de 0.08 g, cultivados en un sistema de recirculación cerrado, reportan una TCE de 4.59, 3.72, 2.89 y 1.79 % $\cdot \text{día}^{-1}$, para densidades de siembra de 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 alevines $\cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente. Los autores encontraron que, las densidades más altas influyen negativamente en el crecimiento de *C. synspillum*. Si bien, las TCE reportadas son inferiores a las registradas en el presente trabajo (4.43 a 5.19 % $\cdot \text{día}^{-1}$), se observó una similar tendencia para el día 15 que, con el aumento de la densidad de siembra se disminuye el crecimiento. Biswas *et al.* (2013), en alevines del cíclido *Etroplus suratensis* de peso inicial $0.39 \pm 0.02 \text{ g}$, reportan una GDP de $0.10 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$ para una densidad de $150 \text{ alevines} \cdot \text{m}^{-3}$ ($0.15 \text{ alevines} \cdot \text{L}^{-1}$), que es mayor en comparación con el obtenido ($0.06 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$) a una densidad de $450 \text{ alevines} \cdot \text{m}^{-3}$ ($0.45 \text{ alevines} \cdot \text{L}^{-1}$). Los valores de GDP reportados son inferiores a los observados en el presente estudio.

El factor de conversión alimenticia mide el gasto de alimento para convertirlo en 1 kg de carne, por lo tanto, cuando más se acerque este valor a la unidad, más eficiente será la conversión de alimento a carne (Zafra *et al.*, 2019; Ellis *et al.*, 2002). En el presente estudio, durante los primeros 15 días de cultivo, los valores de FCA se mantuvieron por debajo de 1.5, valores considerados óptimos para el crecimiento de especies acuícolas. Sin embargo, para los 30 días de cultivo, se observaron valores elevados (2.0) en todos los grupos. Lo anterior pudo haber sido causado por el crecimiento alcanzado, la aparición de la agresión (característica de los cíclidos)

y/o el incremento de la mortalidad. Otra causa probable que pudo contribuir en gran medida a los valores de FCA observados es el estrés de tipo agudo (Muñoz *et al.* 2015), provocado por la manipulación durante los muestreos, los cuales tuvieron lugar a partir de los 15 días de cultivo, lo que generó inhibición en el apetito de los peces y la utilización ineficiente del alimento proporcionado (Muñoz *et al.*, 2015). En cuanto al tratamiento L, a los 30 días de cultivo mostró la menor eficiencia en la utilización del alimento proporcionado, probablemente como resultado del incremento de la mortalidad que resultó en un mayor espacio disponible, lo que pudo dificultar el rastreo de las partículas de alimento y parte del alimento no fue utilizado adecuadamente, disminuyendo el aprovechamiento eficiente del mismo, reflejándose esto en la TCE, GDP y GP% obtenidos para ese tratamiento. Lo anterior concuerda con lo reportado con El-Sayed (2002), quien observó una menor eficiencia en la utilización del alimento en alevines de tilapia en la densidad de siembra más baja ($3 \text{ alevines} \cdot \text{L}^{-1}$), lo cual atribuye a la falta de competencia por la alimentación y la jerarquía social, además de la dificultad de rastrear el alimento. Chakraborty y Banerjee (2010) de igual forma, mencionan que densidades de población muy bajas pueden conducir a una menor eficiencia en la utilización del alimento, dando como resultado un crecimiento atrofiado. Finalmente, la cantidad fija de alimentación que se proporcionó a cada tratamiento y la cantidad desconocida del alimento no consumido o desperdiciado probablemente influyó en los valores de FCA obtenidos (Anguas-Vélez *et al.*, 2003).

Como se mencionó previamente, es claro que la densidad influyó sobre los valores de FCA, siendo las densidades intermedias (M y H) las de mejor resultado

en este estudio. Al final del presente experimento, se alcanzaron valores de FCA de 2.11 a 2.48, valores más bajos a los reportados por El-Sayed (2002) en alevines de tilapia del Nilo (2.65 a 3.45) y por Mensah *et al.* (2013), en alevines de la misma especie (2.34 a 3.13). Amador-del Ángel *et al.* (2002), también reportan valores más elevados de FCA (1.75 a 8.0) en alevines de *C. synspillum*, de peso y densidades similares al probado en el presente estudio.

La supervivencia observada en el presente estudio osciló entre 76 a 89%, siendo las densidades L y M los que mostraron la mayor tasa de supervivencia en comparación con las densidades más altas. Lo que demuestra que el incremento en la densidad afecta negativamente la supervivencia de los peces, probablemente ocasionado por el menor espacio disponible, lo que genera competencia tanto por el territorio como por alimento, por el establecimiento de jerarquías sociales (típico de cíclidos) que ocasiona que los peces dominantes (generalmente los más fuertes y de mayor tamaño) se alimenten primero, consumiendo más alimento y limitando el acceso al alimento a los demás peces, por lo que los más débiles se eliminan de la población (Mensah *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2017). Suleiman y Solomon (2017) han reportado que, una posible causa de baja supervivencia a medida que aumenta la densidad en alevines en el bagre *Clarias gariepinus*, es debido al estrés experimentado como resultado de un comportamiento de alimentación agresivo donde la energía destinada al crecimiento se gasta en actividades de alimentación frenética.

En un estudio realizado con alevines monosexo (0.014 g) de tilapia del Nilo, Ferdous *et al.* (2014), indicaron que la densidad tuvo un efecto significativo en la

supervivencia, encontrando tasas de supervivencia de entre 79.66 a 90.66%, lo cual se acerca mucho a lo observado en este estudio. En especies nativas, Amador-del Ángel *et al.* (2002) en alevines de *C. synspillum* reportan una supervivencia del 83.33 al 87.5%, valores similares a los reportados en este estudio. Jiménez *et al.* (2009), también encontraron tasas de supervivencia altas a una densidad baja, indicando que una densidad de 5 y 10 juveniles $\cdot L^{-1}$ son las más adecuadas para el cultivo de *C. urophthalmus* y *P. splendida*, con tasas de supervivencia que van del 83 al 98%, valores que son más altos a los reportados en el presente estudio.

En el cultivo comercial, los agentes persistentes y de larga duración como las altas densidades de cultivo y la dominancia social de los peces causan estrés de tipo crónico, que afecta negativamente la productividad del cultivo (Muñoz *et al.*, 2015). Por lo tanto, para lograr un mejor crecimiento y supervivencia en las etapas tempranas de desarrollo de los peces, es esencial determinar la densidad de siembra adecuada, ya que el impacto que tenga sobre estos dos parámetros puede ser responsable de los beneficios económicos de la granja (Ferdous *et al.*, 2014; Abaho *et al.*, 2020). Una densidad de población adecuada implica una falta de comportamiento dominante, lo que contribuye a mantener grupos homogéneos y, a su vez, aumenta la productividad (Santana *et al.*, 2020). A densidades debajo de las óptimas, los peces dispondrán de un mayor espacio, lo que dificultará el rastreo de las partículas de alimento y no serán aprovechadas para el consumo, desperdiciándose en el agua de salida de los acuarios o estanques, lo que se verá reflejado en los costos de producción, y que difícilmente se puede compensar con el bajo número de organismos que se puede obtener al momento de la cosecha

(Chakraborty y Banerjee, 2010). Por otra parte, a densidades por encima de las óptimas, se aumentará la competencia por espacio y el establecimiento de jerarquías sociales que conducirá a un mayor estrés, provocando una reducción en la utilización del alimento, en las tasas de crecimiento y en la supervivencia (Aksungur *et al.*, 2007).

9.- CONCLUSIONES

1.- La densidad de siembra tiene efecto sobre el crecimiento de los juveniles de la mojarra negra.

2.- La supervivencia de los juveniles de la mojarra negra se vio afectada por la densidad de siembra a partir de los 15 días de cultivo.

3.- Las densidades M y H presentan un mejor crecimiento, factor de conversión alimenticia y supervivencia. Sin embargo, se requiere realizar una evaluación de costo-beneficio para poder recomendar una densidad de siembra para la producción.

10.- RECOMENDACIONES

- 1.- Extender el tiempo de duración del experimento, por lo que se sugiere, contar con instalaciones que cuenten con las diferentes fases de cultivo.
- 2.- Es necesario continuar con investigación adicional sobre el crecimiento y supervivencia de la especie hasta alcanzar una talla comercial.
- 3.- Desarrollar estudios sobre los requerimientos nutricionales de esta especie para asegurar un buen desarrollo y crecimiento de la especie.
- 4.- Realizar estudios sobre la reproducción de la especie a fin de disponer de manera continua y estable de juveniles tempranos.

11.- LITERATURA CITADA

- Abaho, I., Zaabwe, T., Izaara, A., Kasigwa, H. N., Mushabe, N., Byenkya, S., Nkambo, M., Baguma, S. D., Hafashimana, D. L. N. & Efitre, J. 2020. Effect of stocking density on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) under cage culture in Lake Albert, Uganda. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 12(2), 26-35.
- Abdo-de la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Campillo-Martínez, F., Velasco-Blanco, G., García-Aguilar, N., Álvarez-Lajonchère, L. S. & Voltolina, D. 2010. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia larval del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(1), 141-146.
- Aksungur, N., Aksungur, M., Akbulut, B. & Kutlu, İ. 2007. Effects of stocking density on growth performance, survival and food conversion ratio of Turbot (*Psetta maxima*) in the net cages on the southeastern coast of the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7(2), 147-152.
- Alcántar-Vázquez, J. P., Santos S. C., Moreno T. R. & Antonio E. C. 2014. Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). UNPA-PIFI, Oaxaca. México. 81 pp.
- Álvarez, G. C. A., Ramírez M. C., Martínez G. R., Jesús R. F. & Márquez C. G. 2013. Cultivo de mojarra nativas: tenguayaca (*Petenia splendida*) y castarrica (*Cichlasoma urophthalmus*). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 63 pp.

- Álvarez-González, C. A., Ortiz-Galindo, J. L., Dumas, S., Martínez-Díaz, S. F., Hernández-Ceballos, D. E., Alamo, T. G. D., Moreno-Legorreta, M. & Peña-Martínez, R. 2001. Effect of stocking density on the growth and survival of spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus* larvae in a closed recirculating system. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(1), 130-137.
- Amador-del Ángel, L. E., Cabrera R. P. & Landero L. C. 2002. Effects of stocking density on growth of redhead cichlid *Cichlasoma synspillum* (Hubbs, 1935) fry. VI Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Del 3 al 6 de septiembre, Cancún, Quintana Roo, México. 1 pp.
- Anguas-Vélez, B. H., Civera-Cerecedo, R., Goytortúa-Bores, E. & Rocha-Meza, S. 2003. Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*, 13(4), 309-315.
- Aragón-Flores, E. A., Valdéz-Hernández, E. F., Martínez-Cárdenas, L., Castañeda-Chávez, M. R., Gonzales-Díaz, A. A., Soria-Barreto, M., Ruíz-Velazco J. M. J. & Peña-Messina, E. 2014. Effect of stocking density on growth, survival, and condition of the Mexican cichlid *Cichlasoma beani*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(4), 447-453.
- Arias-Rodríguez, L., Ibarra-Castro L. & Páramo-Delgadillo S. 2008. Los cromosomas mitóticos y meióticos del pez tropical *Petenia splendida* (Cichlidae). *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 895-907.

- Atencio, V. 2001. Producción de avelinos de especies nativas. *Revista MVZ Córdoba*, 6(1), 9-14.
- Biswas, G., Ghoshal, T. K., Natarajan, M., Thirunavukkarasu, A. R., Sundaray, J. K., Kailasam, M., De, D., Sukumaran, K., Kumar, P. & Ponniah, A. G. 2013. Effects of stocking density and presence or absence of soil base on growth, weight variation, survival and body composition of pearlspot, *Etroplus suratensis* (Bloch) fingerlings. *Aquaculture Research*, 44(8), 1266-1276.
- Chakraborty, S. B. & Banerjee, S. 2010. Effect of stocking density on monosex Nile tilapia growth during pond culture in India. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 44, 1521-1534.
- Costa, Â., Roubach, R., Dallago, B. S. L., Bueno, G. W., McManus, C. & Bernal, F. E. M. 2017. Influence of stocking density on growth performance and welfare of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in cages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69(1), 243-251.
- Cumbre Mundial sobre la Alimentación. 1996. Roma, Italia. Páginas Internet: <http://www.fao.org/3/X2051s/X2051s00.htm> (Consulta 08/Diciembre/2019).
- Dávila-Camacho, C. A., Galaviz-Villa, I., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M. D. R., Quiroga-Brahms, C. & Montoya-Mendoza, J. 2019. Cultivation of native fish in Mexico: cases of success. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 816-829.
- de Oliveira, E. G., Pinheiro, A. B., de Oliveira, V. Q., da Silva Júnior, A. R. M., de Moraes, M. G., Rocha, Í. R. C. B., de Sousa, R. R. & Costa, F. H. F. 2012.

- Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture*, 370, 96-101.
- El-Sayed, A. F. M. 2002. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Research*, 33(8), 621-626.
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M. & Gadd, D. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61(3), 493-531.
- FAO, 2018. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Página Internet: <http://www.fao.org/3/CA0191ES/ca0191es.pdf> (Consulta 08/Diciembre/2019).
- FAO. 2017. The future of food and agriculture-Trends and challenges. Rome.
- FAO, 2014. El estado mundial de la pesca y acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Página Internet: <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf> (Consulta 08/Diciembre/2019).
- Ferdous, Z., Masum, M. A. & Ali, M. M. 2014. Influence of stocking density on growth performance and survival of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 4(2), 99-103.

Froese, R. & Pauly D. Editors. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. Página Internet: www.fishbase.org (Consulta 08/Diciembre/2019).

García, V. J. A. & Zaniboni F. E. 2006. El canibalismo en la larvicultura de peces. *Revista MVZ Córdoba*, 11(2), 9-19.

High Level Panel of Experts, HLPE. 2014. La pesca y la acuicultura sostenibles para la seguridad alimentaria y la nutrición. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial, Roma, 2014.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI. 2006. Cuaderno estadístico municipal. Loma Bonita, Oaxaca.

Jiménez, M. L. D., Alvarez-González, C. A., Contreras-Sánchez, W. M., Márquez-Couturier, G., Arias-Rodríguez, L. & Almeida-Madrigal, J. A. 2009. Evaluation of larval growth and survival in Mexican mojarra, *Cichlasoma urophthalmus*, and Bay Snook, *Petenia splendida*, under different initial stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(6), 753-761.

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (LGPAS). 2007. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 24 de julio de 2007. 3 pp. México. Página Internet: <https://www.gob.mx/conapesca/documentos/ley-general-de-pesca-y-acuicultura-sustentables> (Consulta 08/Diciembre/2019).

Martínez-Cárdenas, L., Hernández-Cortez, M. I., Espinosa-Chaurand, D., Castañeda-Chavez, M. R., León-Fernández, A. E., Valdez Hernández, E. F.,

- Bernal Rodríguez, C. E. & Álvarez-González, C. A. 2020. Effect of stocking density on growth, survival and condition factor in tropical gar (*Atractosteus tropicus* Gill, 1863) juveniles. *Latin american journal of aquatic research*, 48(4), 570-577.
- Martínez-Cardenas, L., Valdez-Hernández, E. F., González-Díaz, A. A., Soria-Barreto, M., Castañeda-Chavez, M. R., Ruiz-Velazco, J. M., Peña-Messina, E. & Robles-Bermudez, A. 2014. Preliminary observations on *Cichlasoma beanii* in culture conditions. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(3), 639-643.
- Mensah, E. T. D., Attipoe, F. K. & Ashun-Johnson, M. 2013. Effect of different stocking densities on growth performance and profitability of *Oreochromis niloticus* fry reared in hapa-in-pond system. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 5(8), 204-209.
- Muñoz, J. L. P., Mardones, O., Chacoff, L. & Gesto, M. 2015. Estrés en peces: respuesta fisiológica y sus implicaciones en el cultivo de salmónidos. *Salmonexpert*, (5), 55-57.
- Pérez-Sánchez, E. & Páramo-Delgadillo, S. (2008). The culture of cichlids of southeastern Mexico. *Aquaculture Research*, 39(7), 777-783.
- Rojas, C., P. & Mendoza, R. 2000. El Cultivo de Especies Nativas en México. Instituto Nacional de Pesca-SEMARNAP. Dirección General de Investigaciones en Acuicultura. Estado de Salud en la Acuicultura, noviembre 2000, 1-42 pp.

- Ross, L. G., Martinez Palacios, C. A. & Morales, E. J. 2008. Developing native fish species for aquaculture: the interacting demands of biodiversity, sustainable aquaculture and livelihoods. *Aquaculture Research*, 39(7), 675-683.
- Rowland, S. J., Mifsud, C., Nixon, M. & Boyd, P. 2006. Effects of stocking density on the performance of the Australian freshwater silver perch (*Bidyanus bidyanus*) in cages. *Aquaculture*, 253(1-4), 301-308.
- Santana, T. M., Elias, A. H., da Fonseca, F. A. L., Freitas, O. R., Kojima, J. T. & Gonçalves, L. U. 2020. Stocking density for arapaima larviculture. *Aquaculture*, 528, 735565.
- Suleiman, M. A. & Solomon, R. J. 2017. Effect of stocking on the growth and survival of *Clarias gariepinus* grown in plastic tanks. *Direct Res. Journal of Veterinary Medicine and Animal Sciences*, 2(3), 82-92.
- Zafra, T. A. M., Díaz Barboza, M. E., Dávila Gil, F. A., Fernández Chumbe, R. E., Vela Alva, K. A. & Guzmán Santiago, H. H. 2019. Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. *suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 815-826.