

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**EFFECTO DE LA PERSONALIDAD ANIMAL SOBRE EL BIENESTAR Y
DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE *Oreochromis niloticus* EN POLICULTIVO
CON *Litopenaeus vannamei* A DIFERENTES SALINIDADES**

POR:

ELÍCITO GUERRA PASCO

4-789-411

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**EFFECTO DE LA PERSONALIDAD ANIMAL SOBRE EL BIENESTAR Y
DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE *Oreochromis niloticus* EN POLICULTIVO
CON *Litopenaeus vannamei* A DIFERENTES SALINIDADES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA, FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS, ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDO POR LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO:

MIEMBROS

APROBACIÓN

DR. REYNALDO VARGAS

Mgtr. VÍCTOR SÁNCHEZ

Mgtr. RICHARD MUDARRA

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2024

DEDICATORIA

Le dedico mi trabajo de grado primeramente a Dios quien inspiro mi espíritu para la realización de este estudio, por darme salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y como profesional.

A mi padre Elícito Guerra Herrera y a mi madre Migdalia Pasco, por el apoyo brindado a lo largo de este proceso de formación profesional.

A mis profesoras (q. e. p. d.) del Colegio San Félix, Emilsa Torres y Genarina Guerra de Prieto, que siempre estuvieron velando por mi preparación académica de nivel secundario y universitario.

Agradezco desde lo más profundo de mi corazón a mi ser querido en el cielo, mi abuela Dalila, mi ángel guardián en este camino académico. Tu amor y ánimo constante han sido mi fuerza en los momentos de duda y cansancio. Sin ti, no habría llegado tan lejos. Estoy eternamente agradecido por tu apoyo incondicional.

Expreso mi agradecimiento a mi tío (q. e. p. d.) Edil “Kogoro” Medianero, porque estuvo dándole seguimiento a mi proyecto en la parte de camarones, e incentivándome a seguir adelante.

Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTOS

En este momento trascendental de mi camino académico, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en mi vida. Sin tu divina inspiración y protección, no habría sido posible culminar este arduo proceso de investigación y redacción de mi tesis.

A mi familia por siempre brindarme su apoyo en este recorrido, también agradezco a todas esas personas que brindaron su ayuda para realizar el desarrollo de dicha investigación.

Al Dr. Reynaldo Vargas, expreso mi profundo agradecimiento por su ayuda invaluable durante la realización de mi tesis. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para llevar a cabo un trabajo de calidad.

Agradeciendo también al Ing. Luis A. Castro por brindarme asesoría en la redacción de este documento.

Agradezco al Dr. Alex Ríos Moreno, por su asesoramiento y consejos.

Quiero agradecer a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), por la oportunidad de participar en la convocatoria de nuevos investigadores y así financiar mi proyecto investigativo.

Realmente, Gracias Totales...

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Generalidades de los policultivos.....	4
2.2. Salinidad en las especies acuícolas.....	4
2.3. Biología y morfología del camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	7
2.3.1. Descripción del camarón.....	7
2.3.2. Clasificación taxonómica del camarón (Romero, 2014).....	7
2.3.3. Biología del camarón.....	7
2.3.4. Ciclo de vida del camarón.....	8
2.3.5. Ciclo de muda.....	8
2.3.6. Alimentación.....	9
2.3.7. Camaronicultura.....	9
2.4. Parámetros fisicoquímicos y biológicos.....	10
2.4.1 Calidad de suelos.....	10
2.4.2. Calidad de agua.....	11
2.5. Físicos químicos.....	12
2.6. Biológicos (Bloom de algas).....	12
2.7. Factores ambientales.....	13
2.8. Biología y morfología de la tilapia del Nilo <i>O. Niloticus</i>	13
2.8.1 Rasgos biológicos (FAO, 2010).....	13
2.8.2. Origen de la tilapia <i>O. Niloticus</i>	14

2.8.3. Nutrición	15
2.9. OBJETIVOS	16
2.9.1. Objetivo General	16
2.9.2. Objetivo Específicos	16
2.10. Hipótesis	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Área geográfica	17
3.2. Población.....	17
3.3. Periodo de aclimatación.....	18
3.4. Separación de la población en fenotipos de personalidad animal.....	18
3.5. Periodo Experimental.....	19
3.6. Alojamiento	19
3.7. Tratamientos.....	19
3.8. Aclimatación a las diferentes concentraciones de salinidad.....	20
3.9. Variables evaluadas.....	20
3.9.1. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	20
3.9.2. Indicadores de comportamiento	20
3.9.3. Indicadores de estrés	21
3.9.4. Indicadores de bienestar animal.....	21
3.9.5. Indicadores de desempeño zootécnico	21
3.10. Análisis Estadístico	23
IV. RESULTADOS	24
4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua	24

4.2. Indicadores de comportamiento	25
4.2.1. Prueba de actividad	25
4.2.2. Latencia para entrar en la primera zona	25
4.2.3. Número de transiciones.....	25
4.2.4. Tiempo de congelamiento	27
4.3. Prueba de campo abierto.....	28
4.3.1. Latencia para dejar el refugio	28
4.3.2. Latencia para entrar en la parte superior del tanque	28
4.3.3. Tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque	29
4.4. Indicadores de bienestar animal	29
4.4.1. Frecuencia ventilatoria	29
4.4.2. Erosión de aleta dorsal.....	31
4.5. Indicadores zootécnicos.....	32
4.5.1. Peso.....	32
4.5.2. Longitud total.....	34
4.5.3. Altura.....	36
4.5.4. Peso de Camarones.....	38
4.5.5. Biomasa Final.....	39
4.6. Supervivencia	40
4.6.1. Peces.....	40
4.6.2. Camarones.....	41
V. DISCUSIÓN	52
VI. CONCLUSIÓN	57

VII. RECOMENDACIONES	58
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de tolerancia de la especie <i>Litopenaeus vannamei</i> (De León, 2012).	12
Tabla 2. Evaluación de los tratamientos	19
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos evaluados según salinidad (media \pm desviación estándar).	24
Tabla 4. Número de transiciones ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.....	26
Tabla 5. Frecuencia ventilatoria ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.....	30
Tabla 6. Erosión de aleta ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.....	31
Tabla 7. Media \pm desviación estándar del peso en gramos de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos	33
Tabla 8. Media \pm desviación estándar de la longitud total en centímetros de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos.....	35
Tabla 9. Media \pm desviación estándar de altura en centímetros de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos	37
Tabla 10. Media \pm desviación estándar del peso en gramos de los camarones en las diferentes salinidades evaluadas en ocho momentos.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área geográfica. distrito de San Félix, corregimiento de Las Lajas. Fuente: Google Maps, 2023.....	17
Figura 2. Aclimatación. Fuente: Guerra, 2023	18
Figura 3. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la primera zona. * $p < 0.05$	25
Figura 4. Media \pm D.E., de tiempo de congelamiento. * $p < 0.05$	27
Figura 5. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la parte superior del tanque. ** $p < 0.01$	28
Figura 6. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la parte superior del tanque. * $p < 0.05$	29
Figura 7. Biomasa final en gramos de los diferentes tratamientos.....	39
Figura 8. Probabilidad de supervivencia de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades	40
Figura 9. Probabilidad de supervivencia de los camarones en las diferentes salinidades.....	41

RESUMEN

El manejo apropiado de la calidad del agua en los policultivos de peces y camarones juegan un papel significativo para el éxito de las operaciones acuícolas. Por esta razón en el presente estudio nos propusimos como objetivo evaluar el efecto de la personalidad animal sobre el bienestar y desempeño productivo de *Oreochromis niloticus* en policultivos *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades. Se utilizaron 500 alevines de tilapia del Nilo *O. niloticus* machos con un peso promedio inicial de 10.76 ± 5.40 g y una longitud total de 6 ± 3.03 cm, separados en fenotipos de personalidad animal entre proactivos y reactivos y una población de camarones *Litopenaeus vannamei* en etapa juvenil. La duración del ensayo fue de 120 días. Los resultados mostraron que no existen diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos del agua en oxígeno disuelto, temperatura, pH, amoníaco, nitrito y nitrato ($p > 0.05$). Las variables de comportamiento, latencia para entrar en la primera zona, latencia para entrar en la parte superior del tanque, tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque mostraron diferencias significativas entre los fenotipos de comportamiento ($p < 0.05$), número de transiciones, tiempo de congelamiento, latencia para dejar el refugio no mostraron diferencias entre los fenotipos de comportamiento ($p > 0.05$). Las variables de estrés mostraron diferencias entre los fenotipos de comportamiento y salinidad ($p < 0.05$). Sin embargo, la salinidad no afectó las variables de bienestar animal ($p > 0.05$). El fenotipo reactivo mostró mejor peso y altura en las diferentes salinidades ($p < 0.05$); sin embargo, la longitud no mostró diferencias entre los fenotipos ($p > 0.05$). La tilapia y el camarón sembrados juntos pueden reducir el impacto que producen los camarones en los sistemas de monocultivo en el medio ambiente.

Palabras clave: Adaptación, estrés, fenotipo, personalidad animal, salinidad.

ABSTRACT

Proper water quality management in fish and shrimp polycultures plays a significant role in the success of aquaculture operations. For this reason, in the present study we set out to evaluate the effect of animal personality on the well-being and productive performance of *Oreochromis niloticus* in *Litopenaeus vannamei* polycultures at different salinities. 500 male Nile tilapia *O. niloticus* fry were used with an initial average weight of 10.76 ± 5.40 g and a total length of 6 ± 3.03 cm, separated into animal personality phenotypes between proactive and reactive, and a population of 115 *Litopenaeus vannamei* shrimp in youthful stage. The duration of the trial was 120 days. The results showed that there are no significant differences in the physicochemical parameters of water dissolved oxygen, temperature, pH, ammonia, nitrite and nitrate ($p > 0.05$). The behavioral variables, latency to enter the first zone, latency to enter the upper part of the tank, time spent in the lower part of the tank showed significant differences between the behavioral phenotypes ($p < 0.05$), number of transitions, Freezing time, latency to leave the shelter did not show differences between behavioral phenotypes ($p > 0.05$). The stress variables showed differences between behavioral and salinity phenotypes ($p < 0.05$). However, salinity did not affect the animal welfare variables ($p > 0.05$). The reactive phenotype showed better weight and height in the different salinities ($p < 0.05$); However, length did not show differences between the phenotypes ($p > 0.05$). Tilapia and shrimp grown together can reduce the environmental impact of shrimp in monoculture systems.

Key words: Adaptation, animal personality, phenotype, salinity, stress.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha experimentado enormes progresos en los últimos años, está destinada a producir la mayor parte de los alimentos acuáticos necesarios para satisfacer la creciente demanda mundial (FAO, 2022).

El sector acuícola es uno de los sectores con mayor crecimiento de producción de alimentos de origen animal a nivel mundial, se espera que dentro de los próximos años supere a la producción de carnes de otro origen como aves, vacuno y porcino. Los pescados y mariscos se encuentran entre los productos para alimentación humana más comercializados en el mundo y se espera que esta tendencia continúe en alza, favoreciendo a países en vías de desarrollo, donde representan la mayor parte de las exportaciones (FAO, 2020).

La pesca y las técnicas de cultivar peces y crustáceos en estanques han mostrado una contribución importante a la nutrición y a la seguridad alimentaria mundial. Para incrementar esta práctica es necesario acelerar los cambios transformadores en la sociedad, creando tecnologías innovadoras a fin de lograr una pesca y una acuicultura mundial sostenible y equitativa (Saavedra, 2008).

Debido a la enorme variedad de condiciones en las que se practica la acuicultura en el mundo, se cultivan un conjunto muy diverso de especies acuáticas y sus híbridos en distintos sistemas acuícolas empleando: agua dulce, agua salobre, agua marina o agua salina continental (FAO, 2015).

Actualmente, la acuicultura ha incrementado su expansión, es por esta razón que ha adaptado tecnologías modernas amigables con el medio ambiente de forma responsable y social, a bajos costos permitiendo satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras (FAO, 2023).

El desarrollo de técnicas de producción ha permitido con el pasar de los años el despegue de la acuicultura, en donde se ha estudiado la biología de los animales

acuáticos, para así determinar los requerimientos de cada especie tanto en el aspecto nutricional, comportamiento, condiciones fisicoquímicas del agua y de esta forma alivianar la supervivencia de las especies acuícolas en cautiverio (Rueda, 2011).

Se ha demostrado que la producción de camarón es altamente rentable pero muy susceptible a enfermedades e infecciones lo cual lo convierte en una técnica de alto riesgo. Enfermedades como el virus del Síndrome Mancha Blanca (VSMB por sus siglas en inglés) y el Síndrome de la Mortalidad Temprana (EMS por sus siglas inglés), han provocado grandes pérdidas económicas de camarónicas en todo el mundo. La camaronicultura en su mayoría continúa basada en sistemas de producción semi intensivos y básicamente consta de lagunas de gran extensión y poca profundidad con muy poco recambio de agua, el camarón habita y se mantiene en el fondo de las lagunas permitiendo el aprovechamiento del resto de la columna de agua con otras especies acuícolas comerciales (Aquaculture Production Technology, 2006).

Es por ello que se buscan, alternativas que reduzcan los costos en la producción de los camarones y peces, ya que este último son actualmente cultivados bajo amplios rangos de sistemas y estrategias de producción y alimentación, a través de su ciclo de vida (Cuzon *et al.*, 2004).

Por otro lado, la especie *O. niloticus*, originaria del continente africano, ha ganado aceptación en el mercado internacional, ya que se mantiene dentro de los rangos de exigencias para las exportaciones principalmente a los Estados Unidos de América. La tilapia del Nilo se caracteriza por ser una de las especies con más rápido crecimiento, esta puede alcanzar pesos de 1 a 1.5 libras en un período de 6 a 9 meses, según el sistema de cultivo empleado (Velazco *et al.*, 2016), de igual manera es una de las especies con una alta resistencia ya que se caracteriza por mostrar mayor sobrevivencia y por lo tanto mayor rentabilidad al no invertirse en medicamentos contra enfermedades (Saavedra, 2006).

Mientras que, en el rubro de la camaronicultura, es uno de los rubros con mayor crecimiento en lugares como Asia, Latinoamérica y recientemente África. En la actualidad, la camaronicultura en América Latina ha estado en un constante crecimiento.

La tilapia representa un fuerte candidato para el policultivo con camarón debido a su alta resistencia a condiciones adversas, demanda comercial y hábitos de alimentación (Martínez-Porchas *et al.*, 2010).

Un policultivo camarones y la especie *O. niloticus* presenta ventajas como: incrementar los rendimientos de producción, filtración del agua, reducción de la excesiva biomasa de fitoplancton en sus últimas etapas de crecimiento y recircular los nutrientes de manera efectiva (Watanabe *et al.*, 2006).

Por esta razón los policultivos de camarón han representado una importante alternativa para minimizar algunas de las problemáticas que enfrenta la acuicultura, como la contaminación ambiental, enfermedades que atacan a esta especie y la disminución de los costos de producción (Treviño, 2011).

La tilapia y el camarón sembrados juntos pueden reducir el impacto que producen los camarones en los sistemas de monocultivo en el medio ambiente. Cuando crecen, las tilapias se vuelven filtradores efectivos de fitoplancton y depredadores de zooplancton.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de los policultivos

Existen al menos tres tipos generales de policultivo: directo, en jaulas y secuencial. El policultivo directo se refiere a dos o más especies mixtas en el mismo estanque o unidad de acuicultura sin divisiones, es decir, un posible contacto entre las especies. El policultivo en jaulas es similar al policultivo directo, sin embargo, las diferentes especies se cultivan juntas en el mismo estanque, algunas de estas especies son encerrados dentro de jaulas, limitando su espacio y contacto físico (Begum *et al.*, 2017).

El policultivo secuencial, implica una acuicultura integrada donde las especies principales y las subordinadas están separadas por diferentes unidades; y el flujo de efluentes de los estanques de la especie principal se conduce hacia las unidades de cultivo de las especies subordinadas. En algunos de estos modelos el agua se descarga a los ecosistemas receptores, mientras que en otros se recircula. La especie secundaria prospera en los efluentes de los estanques de las principales especies, aprovechando alimentos no consumidos, materia orgánica y otros nutrientes. Este proceso mejora la calidad del agua descargada para que pueda reutilizarse y así disminuir el impacto ambiental (Bhattacharyya *et al.*, 2017).

2.2. Salinidad en las especies acuícolas

En regiones donde el agua dulce es escasa, la acuicultura en agua salobre o salada puede proporcionar una fuente de ingresos adicionales para la producción de tilapias o camarones. Las tilapias pueden criarse en este tipo de ambiente siempre que se adopten procedimientos de aclimatación gradual (DiMaggio *et al.*, 2011).

La tilapia *O. niloticus*, se cultiva ampliamente en agua dulce; sin embargo, tolera ciertos niveles de salinidad, considerándose eurihalina. A pesar de su buena capacidad de adaptación a la salinidad, es menos tolerante que otras especies de tilapia como *O. aureus* y *O. mossambicus* (Kamal & Mair, 2005).

La forma en que cada especie de pez responde a diferentes niveles de salinidad permite evaluar el mejor lugar para su cultivo. Así, varios estudios han evaluado la

influencia de este parámetro en el rendimiento de los peces eurihalinos (Riche & Williams, 2010). Además del rendimiento, es necesario evaluar el efecto de la salinidad sobre la salud y los órganos de los peces (Árnason *et al.*, 2013). El tubo digestivo y las branquias que permanecen en contacto directo con el agua y bajo cambios físicos y químicos del ambiente pueden sufrir alteraciones morfológicas con el pasar del tiempo durante esta adaptación (Yuan *et al.*, 2010).

Según Güner *et al.*, (2005) indican que las branquias son estructuras vitales para la salud de los peces, interviniendo en los procesos de osmorregulación y excreción de compuestos nitrogenados, además de ser el principal sitio de intercambios gaseosos.

Durante la adaptación de la tilapia al agua salina se observaron algunos cambios funcionales, como las células de cloruro del epitelio branquial. Así, cualquier daño a los filamentos y laminillas branquiales que pueda interferir con su función, comprometiendo la supervivencia de estos animales (Reis *et al.*, 2009).

En estanques de agua salobre también se ha practicado durante mucho tiempo esta estrategia de policultivos, con sistemas extensivos y semi intensivos de camarones, peces y plantas. Este tipo de sistemas se practican hoy en día en China, Indonesia, India, Filipinas, Taiwán, Tailandia, Japón, Vietnam y recientemente en Bangladesh (Islam & Tabeta 2019).

La producción del camarón blanco *L. vannamei* es una especie comúnmente cultivada en muchas regiones, donde la salinidad y la temperatura son dos de los factores importantes a considerar en el cultivo de esta especie y otros peneidos; sin embargo, cuando las postlarvas son comercializadas por los laboratorios de producción a las granjas de camarón, generalmente las postlarvas son distribuidas a diferentes condiciones de salinidad y temperatura dependiendo de su ubicación geográfica de las granjas dedicadas a la cría de camarones (Bonilla *et al.*, 2005).

Arzola, (2008) indica que las postlarvas de camarón antes de ser sembradas en los estanques, deben aclimatarse a diferentes condiciones de salinidad y temperatura para estimar previamente su calidad en la supervivencia. Sin embargo, algunos

investigadores han analizado los criterios para asignar una calidad en la supervivencia de larvas y postlarvas de *L. vannamei*, para el cual es necesario que se emplee simultáneamente la salinidad y temperatura (Martínez, 2005).

Barbieri, (2010) indica que la temperatura no es un factor importante en la supervivencia de postlarvas al momento de ser sembradas en los estanques de cultivo; sin embargo, Bonilla & Arzola (2008), mencionan que es importante someter previamente a las postlarvas a pruebas combinadas de salinidad y amonio.

De la misma manera, se estimó en las postlarvas que la salinidad a diferencia de su punto isosmótico, podría ser utilizado como un indicador de la calidad de estas, incluso, no se consideraron como un indicador a la temperatura (Álvarez, 2005). Sin embargo, se ha indicado que una adecuada alimentación en los primeros estadios larvales en camarón blanco, favorecen al crecimiento, supervivencia y su resistencia a los cambios de salinidad y temperatura (Piña *et al.*, 2006).

Existen informes donde la salinidad y la temperatura en conjunto con otras variables hidrológicas, han determinado la influencia fundamental en la supervivencia y en el desarrollo de larvas y postlarvas de camarones peneidos, particularmente sometidas a pruebas de estrés (Esparza *et al.*, 2010).

Para los acuicultores la supervivencia es un importante indicador para la toma de decisiones relacionadas con la modificación de las condiciones de cultivo y para la producción de postlarvas, por lo tanto, los indicadores ambientales y la supervivencia reflejan las condiciones de éxito o fracasos en los organismos que son cultivados (Palacios *et al.*, 2007).

Esparza *et al.*, (2011), mencionan que las altas supervivencias están directamente relacionadas con condiciones apropiadas de mantenimiento, sin embargo, algunos investigadores analizaron el efecto combinado de la salinidad y temperatura en postlarvas de peneidos y concluyeron que la respiración, excreción y crecimiento en biomasa representaron mejores indicadores que la supervivencia.

2.3. **Biología y morfología del camarón** (*Litopenaeus vannamei*)

2.3.1. **Descripción del camarón**

El camarón blanco del Pacífico como se lo denomina comúnmente *L. vannamei*, pertenece a la clase Crustacea. Posee una coloración normalmente blanca translúcida, pero puede presentar cambios dependiendo del sustrato, la alimentación y la turbidez del agua. Alcanzan una talla máxima 23 cm, comúnmente las hembras crecen más rápidamente y adquieren mayor talla que los machos (FAO, 2009).

2.3.2. **Clasificación taxonómica del camarón** (Romero, 2014)

Reino: Metazoa

Phylum: Arthropoda

Clase: Crustacea

Orden: Decapoda

Familia: Penaeidae

Género: Penaeus

Especie: *P. vannamei*

2.3.3. **Biología del camarón**

El camarón presenta un cuerpo alargado, el cefalotórax dividido (rostro, antena, anténulas y periópodos), abdomen (6 segmentos abdominales y pleópodos) y cola (telson y urópodos). Rostro moderadamente largo con 7 - 10 dientes dorsales y 2 - 4 dientes ventrales. El desove es un proceso biológico del camarón que las realizan en costas de todo 7 el océano (Bermúdez, 2017).

2.3.4. Ciclo de vida del camarón

Las hembras grávidas se las reconocen con facilidad, observando a través de su exoesqueleto sus ovarios de color verde; los huevos que son liberados pasan a madurar, atravesando una serie de estadios larvales: nauplios, zoea y misys, que posteriormente alcanzarán el estadio de postlarvas con una apariencia similar al camarón adulto. Durante la fase inicial la larva migra hacia los estuarios, áreas de baja salinidad donde se produce un desarrollo rápido y favorable debido a la fácil disponibilidad de alimento, mayores temperaturas y mejor protección contra los depredadores. Después de sucesivas mudas, las postlarvas se transforman en juveniles manteniéndose en los estuarios durante un lapso de 3 a 4 meses; posteriormente comienzan a migrar al mar donde su crecimiento es más rápido, hasta alcanzar una talla entre 4 y 10 cm, para posteriormente completar su madurez (Bermúdez, 2017).

2.3.5. Ciclo de muda

La ecdisis de camarón blanco es un proceso fisiológico y morfológico natural que permite el desarrollo del organismo, el cual se da de forma cíclica permitiendo el aumento del peso y talla; durante este proceso la vieja estructura es expulsada para ser cubierta por una capa de quitina, hasta lograr endurecerse. El intervalo de dos mudas sucesivas puede ser dividido en cuatro etapas de cada uno de los diferentes estadios (Zamora, 2017).

Para identificar con exactitud la etapa de muda, en la que se encuentra el camarón, es necesario observar por medio de un microscopio, verificando los cambios en la morfología sobre todo en los urópodos (Burbano *et al.*, 2015).

Los periodos antes y después de la ecdisis del camarón, se consideran como un estrés endógeno, dado el proceso fisiológico que se realiza, como respuesta a la adaptación del camarón (permite mantener la homeostasis) donde se produce la liberación de su viejo exoesqueleto con un consiguiente cambio osmótico (Zamora, 2017).

2.3.6. Alimentación

La implementación de correctas técnicas de alimentación son factores sustanciales que se deben considerar debido a que el alimento influye de manera directa entre el 30 a 40% de los costos operativos del cultivo. Además, el alimento no consumido repercute en una pobre calidad de suelo y agua, debido al desperdicio y acumulación de este en el fondo de los estanques, generando un ambiente inestable para el organismo (Farias *et al.*, 2019).

Disponer de una planificación alimenticia que reflejen tanto la cantidad como la frecuencia en la que se proporcionará el alimento, es fundamental para el cultivo de engorde del camarón. Estas pueden ser ajustadas según el sistema de producción: los muestreos poblacionales, la biomasa, la productividad en el cultivo, entre otras variables. Una consideración de importancia que se debe incluir en los protocolos de alimentación es que, el total de alimento que se va a suministrar al organismo en cultivo debe ser dividido en varias dosis durante el transcurso del día (Ching, 2013). Las dosis de alimentación pueden ir de 2 a 4 y la cantidad de alimento a entregar en cada una de ellas será ajustado en base al comportamiento del organismo y criterios técnicos (Lautor *et al.*, 2008).

Molina *et al.*, (2002), mencionan que los horarios asignados para repartir el alimento deben ser expuestos considerando la concentración de oxígeno disuelto, temperatura de agua y actividad fisiológica del animal.

2.3.7. Camaronicultura

La camaronicultura es una actividad que se realiza desde hace 30 años en nuestro país, la cual ha sido afectado por diferentes agentes sanitarios y climatológicos. Sin embargo, en los últimos años la actividad se mantiene debido a la aplicación de buenas prácticas de cultivo necesarias para una producción sostenible (De León, 2012).

La actividad acuícola en el país la desarrollan tanto pequeños como grandes productores, bajo diferentes densidades. Los rendimientos varían enormemente de una camaronera a otra y de un año a otro, dependiendo también del método aplicado en la producción (FAO, 2020). El cultivo de camarón se realiza generalmente cerca de las zonas costeras, sitios donde encuentren un gran abastecimiento de agua, tales como esteros o formaciones de lagunas y bahías. Los métodos de cultivo de camarón se clasifican en extensivo (4 a 10 camarones por metro cuadrado, semi intensivo (10 a 30 camarones por metro cuadrado) e intensivo (75 y 100 camarones por metro cuadrado). Teniendo en ocasiones hasta 3 ciclos de producción por año, aunque lo más común son 2/2 ciclos/año/promedio, y son dependientes de las condiciones climáticas que permiten producir permanentemente (Romero, 2014).

2.4. Parámetros fisicoquímicos y biológicos

2.4.1 Calidad de suelos

Es importante considerar las propiedades fisicoquímicas del suelo en el diseño y construcción de los estanques. Las malas condiciones del fondo de los estanques repercuten directamente en la calidad del agua afectando el crecimiento y la sobrevivencia de los camarones.

Lemonnier *et al.*, (2004), mencionan que algunas condiciones del suelo provocan alteraciones fisiológicas en los camarones tales como estrés, déficit de crecimiento, inanición y susceptibilidad a enfermedades; siendo estos aspectos que aumentan la mortalidad del animal atrayendo como consecuencia disminución productiva y pérdidas económicas.

De León, (2012), menciona que las propiedades fisicoquímicas del suelo son fundamentales en el diseño y construcción de los estanques para una explotación acuícola. En muchas ocasiones las malas condiciones del fondo de los estanques

repercuten directamente en la calidad del agua afectando el crecimiento y la sobrevivencia de los camarones.

2.4.2. Calidad de agua

La calidad del agua afecta directamente la salud y el crecimiento de los organismos cultivados y es considerada una de las tareas más difíciles para los productores e investigadores que llevan a cabo una producción acuícola. En muchas ocasiones las fuentes de agua no apropiadas, el manejo inadecuado, e influencias ambientales deteriorando la calidad fisicoquímica del agua (De León, 2012).

Las propiedades fisicoquímicas del agua juegan un rol sustancial en el crecimiento y viabilidad de este crustáceo, por ende, se debe garantizar la regulación y control apropiado en los rangos de los parámetros como: alcalinidad, amonio, amoniaco, nitritos, nitratos y fosfatos (Boyd *et al.*, 2007)

Chakravarty *et al.*, (2016) indican que la alcalinidad en la producción camaronera es el resultado de la sumatoria entre concentraciones de bicarbonato y carbonato presentes en el agua; interactuando como un tampón para el control en la variabilidad del pH. Los valores dentro de un estanque de camarón deben ser entre 80 y 200 mg/l (Boyd *et al.*, 2011).

Los compuestos nitrogenados como amonio, amoniaco, nitritos y nitratos son aquellos resultantes de la liberación de nitrógeno en los estanques a causa del suministro de alimento que no es consumido y las heces (Frías & Páez, 2001).

En cuanto al fósforo, este no representa problemas de toxicidad para el animal, sin embargo, la acumulación excesiva del mismo producto de la fertilización y liberación nutritiva del sedimento orgánico, generan fuertes florecimientos de microalgas no deseables (Boyd & Munsiri, 2007).

Existen una serie de factores como las concentraciones de iones inorgánicos, gases disueltos, sólidos suspendidos y microorganismos, afectan el manejo de los

recursos hídricos para la producción acuícola. Estos factores se pueden clasificar en:

- Físico Químicos
- Biológicos
- Ambientales

2.5. Físicos químicos

Esta evaluación incluye análisis de muestras de agua, entre los más importantes para la producción de camarones están: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez, pH y amonio que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de tolerancia de la especie *Litopenaeus vannamei* (De León, 2012).

Parámetro físico químico	Niveles de tolerancia
Salinidad	2 – 35 ppm
Temperatura	16 – 24 °C
Oxígeno disuelto	4-10 mg/l
Turbidez	30 – 60 cms
Dióxido de Carbono	0 – 15 mg/l
pH	6 - 9
Amonio	0.01 – 0.10 mg/l

2.6. Biológicos (Bloom de algas)

El objetivo principal de la fertilización es promover la productividad primaria, el fitoplancton o comúnmente conocidas como algas. Las algas juegan un papel importante en nuestro cultivo, ya que es el alimento natural de las postlarvas de camarones, es por esto por lo que se debe tener un adecuado programa de fertilización. El programa de fertilización de los estanques depende de los resultados

del monitoreo de fitoplancton del agua en los estanques, el cual debe realizarse por lo menos una vez por semana (De León, 2012).

2.7. Factores ambientales

Las lluvias, los vientos y la intensidad lumínica son factores que intervienen en la calidad del agua. La lluvia causa un efecto sobre la salinidad y temperatura del estanque disminuyendo estos parámetros (Boyd & Munsiri, 2007).

Los estanques se deben construir a una profundidad entre 1 a 1.5 m, esto permite la penetración de la luz necesaria para que ocurra la fotosíntesis y así un mayor aporte de oxígeno, los estanques deben estar en dirección perpendicular al viento, en esta posición se minimiza la erosión resultante (Boyd & Munsiri, 2007).

2.8. Biología y morfología de la tilapia del Nilo *O. Niloticus*

2.8.1 Rasgos biológicos (FAO, 2010)

- Posee un cuerpo comprimido.
- Profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud.
- Escamas cicloideas.
- Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico.
- La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual.
- El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales.
- La línea lateral se interrumpe.
- Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal.
- Aleta dorsal con 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos.
- La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos.
- Aleta caudal trunca.
- Las aletas pectoral, dorsal y caudal adquieren una coloración rojiza en temporada de desove; aleta dorsal con numerosas líneas negras.

2.8.2. Origen de la tilapia *O. Niloticus*

Baltazar & Palomino (2004), indica que la tilapia como, pez endémico originario de África y el Cercano Oriente, del cual se aprovechó sus características consideradas ideales para la piscicultura rural, iniciando su progresivo cultivo en el ámbito mundial. Estos peces han sido introducidos en forma acelerada hacia otros países tropicales y subtropicales en todo el mundo.

La institución SAGARPA (2006), define también a la tilapia como un grupo de peces de origen africano, que habitan principalmente en regiones tropicales del mundo, donde existen las condiciones necesarias para su reproducción y crecimiento. Agregando que, en comparación con otros peces, posee extraordinarias cualidades para el cultivo, como: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades, adaptación a cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta resistencia a enfermedades, además de contar con algunos atributos para el mercado, como: carne blanca de buena calidad, buen sabor, poca espina, buena talla y precio accesible, que le que le confiere una preferencia y demanda comercial en la acuicultura mundial.

NICOVITA (2002), menciona que es un pez de buen sabor y crecimiento rápido, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno y puede ser manipulado genéticamente.

En la actualidad a nivel mundial, se cultivan con éxito unas diez especies, siendo uno de los peces más ampliamente producidos en el mundo. Las especies más cultivadas son: *O. aureus*, *O. niloticus* y *O. mossambicus*, así como varios híbridos de éstas especie; siendo *O. aureus* y *O. niloticus*, las que crecen más rápido y alcanzan mayor tamaño que *O. mossambicus*; aunque requiriendo un mayor tamaño para su reproducción, además de tener un alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura y coloración de carne, con muy buena aceptación en el mercado.

2.8.3. Nutrición

Saavedra (2006), complementa que el género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton. Las tilapias son peces provistos de branqui-espinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos.

Baltazar & Palomino (2004), sostiene que la base de la alimentación de la tilapia para la producción y comercialización es la proteína. Estas son los nutrientes más importantes para la vida y el crecimiento del pez. Para la alimentación de los peces en su diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Asimismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteína que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez.

2.9. OBJETIVOS

2.9.1. Objetivo General

- Evaluar el efecto de la personalidad animal sobre el bienestar y desempeño productivo de *Oreochromis niloticus* en policultivos con *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidades.

2.9.2. Objetivo Específicos

- Determinar el comportamiento y respuestas de estrés fisiológico de los fenotipos de personalidad animal de *O. niloticus* a diferentes salinidades.
- Evaluar el bienestar animal y desempeño productivo de *O. niloticus* y *L. vannamei* en diferentes salinidades.
- Determinar la biomasa total de los sistemas de producción de monocultivo y policultivo.

2.10. Hipótesis

Ho: La salinidad no tiene un efecto en el desempeño productivo y bienestar animal de alevines de tilapia del Nilo y camarón del pacífico.

Ha: La salinidad tiene un efecto en el desempeño productivo y bienestar animal de alevines de tilapia del Nilo y camarón del pacífico.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área geográfica

El estudio se llevó a cabo en la provincia de Chiriquí, distrito de San Félix, corregimiento de Las Lajas, con una altitud de 20 m.s.n.m con las siguientes coordenadas (N 8° 15' 49" W 81° 52' 28") (Figura 1).



Figura 1. Área geográfica. distrito de San Félix, corregimiento de Las Lajas.
Fuente: Google Maps, 2023.

3.2. Población

Se utilizaron 500 alevines de tilapia del Nilo *O. niloticus* machos para el proyecto investigativo, adquiridos en la Estación Ricardo A. Ríos (ARAP). Los mismos fueron retirados en horas de la mañana para reducir el estrés durante el viaje. Los camarones en etapa juvenil *de L. vannamei*, adquiridos en las áreas costeras de San Félix de la playa Las Lajas.

3.3. Periodo de aclimatación

Se alojaron en una tina circular de plástico de 0.5 m³ (1.43 m x 1.0 m x 0.55 m, largo x ancho x altura). Fue equipada con un sistema auxiliar de oxigenación suministrado por una bomba de oxígeno (*Vivosun Oxygen Pump*®). Realizando recambios de agua de 30% del volumen total. Fueron tratados con sal cruda (cinco libras), donde la salinidad fue elevada a un 30 ‰ durante 15 minutos, por tres días para evitar infecciones de *Saprolegnia sp.* Recibieron una alimentación de 15% de su biomasa, con un concentrado con valores de proteína de 45%. La ración se suministró dos veces al día (07:00 am - 01:00 pm horas). Se evaluó diariamente el oxígeno disuelto con un medidor (*Milwaukee Dissolved Oxygen Portable Meters*®) y los parámetros fisicoquímicos del agua medidas con un kit de prueba de calidad de agua (*Api Marine*®). Este período tuvo una duración de 21 días (Figura 2).



Figura 2. Aclimatación. Fuente: Guerra, 2023.

3.4. Separación de la población en fenotipos de personalidad animal

Los alevines de tilapia del Nilo fueron sometidos a la prueba de toma de riesgo seleccionando cada pez al azar. Introducidos en una pecera rectangular de vidrio de 22.28 litros con dimensiones de (40.64 cm x 25.40 cm x 21.59 cm, L x H x A); cubierta con un cartón en tres lados para reducir el estrés visual. Donde el primer tercio del grupo de peces en entrar al nuevo ambiente se seleccionaron como proactivos, el segundo tercio de peces en entrar al nuevo se seleccionaron como intermedios y fueron eliminados del experimento. Los restantes peces que

permanecieron en el refugio después de la segunda fase se clasificaron como reactivos, adaptando la metodología propuesta por (Huntingford & Adams, 2005).

3.5. Periodo Experimental

El estudio comprendió un periodo experimental de 120 días.

3.6. Alojamiento

Después del período de aclimatación y separación de fenotipos se seleccionaron los peces para distribuirlos por tratamiento con un peso promedio inicial de 10.76 ± 5.40 g y una longitud total de 6.00 ± 3.03 cm, fueron distribuidos en dos tinas circulares con las dimensiones ya descritas.

3.7. Tratamientos

Se evaluaron cinco tratamientos con diferentes salinidades, tres con iguales densidades de *O. niloticus* y *L. vannamei*, y dos con solo una de las especies (T0, Tilapia del Nilo; T4 Camarón del pacífico) mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2. Evaluación de los tratamientos

Tratamiento	Especies	Fenotipo de Comportamiento de los peces	Salinidad
T0	Tilapia del Nilo	50% proactivo, 50% reactivo	0 ‰
T1	Tilapia del Nilo y camarón del pacífico	50% proactivo, 50% reactivo	7.5 ‰
T2	Tilapia del Nilo y camarón del pacífico	50% proactivo, 50% reactivo	15 ‰
T3	Tilapia del Nilo y camarón del pacífico	50% proactivo, 50% reactivo	22.5 ‰
T4	Camarón del pacífico		30 ‰

3.8. Aclimatación a las diferentes concentraciones de salinidad

El periodo de aclimatación a las diferentes concentraciones de salinidad en las especies de estudio se realizó de forma escalonada en el caso de *O. niloticus* se incrementó la concentración salina en 2‰ cada dos días, hasta alcanzar las concentraciones de cada tratamiento (Kamal & Mair, 2005). Para *L. vannamei* se realizó una reducción gradual de 2‰ de sal cada dos días hasta alcanzar las concentraciones de cada tratamiento.

3.9. Variables evaluadas

3.9.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

Las variables fisicoquímicas como el oxígeno disuelto, pH, fueron evaluados con el medidor descrito en el periodo de aclimatación, temperatura con un termómetro de mercurio y adicionalmente se determinó amoníaco, nitrito y nitrato, evaluadas cada tres días en un horario de (07:00 am y 06:00 pm).

3.9.2. Indicadores de comportamiento

Al final del ensayo se evaluó el comportamiento utilizando la prueba de actividad, tomando ocho peces al azar por cada tratamiento. Cada pez fue introducido en una pecera rectangular con dimensiones ya descritas en la selección de los fenotipos, estuvo cubierta con un cartón en los cuatro lados para reducir el estrés, dejando un pequeño espacio para filmar. El fondo de la pecera de comportamiento se separó en 4 áreas de (20 cm x 20 cm) para seguir el movimiento horizontal del individuo.

Se evaluó:

- La latencia para entrar a la primera zona: evaluada en (s), consiste en colocar al individuo en una pecera y así medir el tiempo en que tardó para entrar a la primera esta zona.

- El número de transiciones: evaluada en (conteo), es el número de desplazamientos que realiza el pez mediante cuadros marcados en la pecera previamente.
- Tiempo de congelamiento: evaluada en (s), se cuantifica el tiempo de respuesta del pez en cuanto al primer movimiento de desplazamiento que realice en la pecera.

Se utilizó la prueba de campo abierto, colocando una línea horizontal a 6 cm del fondo en la parte lateral de la pecera para seguir el comportamiento vertical del individuo. Se cuantifico la latencia para dejar el refugio, latencia para entrar a la parte superior del tanque, y el tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque. Adaptando la metodología propuesta por Millot, (2009); & Overli *et al.*, (2006).

3.9.3. Indicadores de estrés

Se utilizó como indicador de estrés la frecuencia ventilatoria, o movimientos operculares, tomando cada pez al azar por tratamiento, contando visualmente el tiempo necesario para 20 movimientos operculares o bucales durante cinco minutos, de acuerdo con la metodología propuesta por Calderer, (2010); Barreto & Volpato (2011).

3.9.4. Indicadores de bienestar animal

Se estimó el grado de erosión de la aleta dorsal, mediante su comparación morfológica con una aleta perfecta. Para evaluar el grado de erosión se empleó la escala adaptada de Person-Le Ruyet & Le Bayon (2009), en donde: nivel 0: aleta perfecta, nivel 1: sin cambios serios en el área total de la aleta (<10%), nivel 2: disminución moderada en el área total de la aleta (<20%), nivel 3: disminución marcada en el área total de la aleta (<50%) y nivel 4: aletas cortas y disfuncionales, pérdida marcada del área total de la aleta (> 50%).

3.9.5. Indicadores de desempeño zootécnico

En peces se evaluó:

- a) Peso final en (g), evaluado con una balanza electrónica (*Forever Scales®*) con capacidad de 40 kg con una aproximación de 0,01 g.
- b) Longitud total en (cm), medido desde el extremo anterior de la mandíbula hasta el extremo distal del radio más largo de la aleta caudal, empleando un escalímetro (*Bocianelli®*) de 30 cm, de acuerdo con el criterio de Laevastu, (2011).
- c) Altura en (cm), medido desde la parte ventral hasta el extremo superior de la base de la aleta dorsal, empleando un escalímetro (*Bocianelli®*) de 30 cm.
- d) Biomasa final en (g), donde BF = número de peces por el peso promedio.
- e) Supervivencia en (%) = $100(\text{número de peces al final}/\text{número de peces al inicio})$.

En camarones se evaluó:

- a) Peso final en (g), evaluado con una balanza electrónica (*Forever Scales®*) con capacidad de 40 kg con una aproximación de 0,01 g.
- b) Biomasa final en (g), donde BF = número de camarones por el peso promedio.
- c) Supervivencia en (%) = $100(\text{número de camarones al final}/\text{número de camarones al inicio})$.

3.10. Análisis Estadístico

Los datos se tabularon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® 2023 para su procesamiento y los análisis estadísticos se realizaron en el software R con el entorno de desarrollo integrado RStudio (R versión 4.0.4 (2021-02-15), RStudio, Inc.), y los gráficos mediante Graph Pad Prism V.9.0.0 (San Diego, CA, USA). Se verificó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y posteriormente, la prueba de Levene para verificar la homocedasticidad de varianzas, antes de realizar cualquier análisis estadístico. Variables fisicoquímicas del agua y de desempeño zootécnico fueron analizadas con ANOVA y corregidas con la prueba post hoc de Bonferroni. Variables continuas de comportamiento, estrés y bienestar animal fueron evaluadas por la prueba de Mann-Whitney o Kuskal-Wallis, variables discretas fueron analizadas mediante análisis de Poisson. Productividad entre monocultivo y policultivo fueron analizados con Chi cuadrado. Supervivencia se determinó empleando el indicador no paramétrico de Kaplan-Meier. Las variables se representan como media \pm DE, diferencias fueron evaluadas con un alfa de 0.05.

IV. RESULTADOS

4.1. Parámetros fisicoquímicos del agua

La Tabla 3 muestra que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en los parámetros fisicoquímicos evaluados en el agua de cada una de las salinidades.

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos evaluados según salinidad (media \pm desviación estándar).

Parámetros	Tratamientos				
	S0	S1	S2	S3	S4
Oxígeno disuelto mg/L	7.01 \pm 0.02 ^a	7.00 \pm 0.02 ^a	7.01 \pm 0.03 ^a	7.00 \pm 0.01 ^a	6.99 \pm 0.01 ^a
Temperatura °C	29.12 \pm 1.2 ^a	28.97 \pm 2.0 ^a	29.21 \pm 1.1 ^a	28.89 \pm 2.1 ^a	29.23 \pm 0.1 ^a
pH	7.02 \pm 0.6 ^a	7.12 \pm 0.8 ^a	6.99 \pm 1.0 ^a	7.12 \pm 0.4 ^a	7.02 \pm 0.2 ^a
Amoniaco mg/L	0.63 \pm 0.2 ^a	0.64 \pm 0.3 ^a	0.61 \pm 0.2 ^a	0.64 \pm 0.4 ^a	0.66 \pm 0.4 ^a
Nitrito mg/L	0.41 \pm 0.1 ^a	0.37 \pm 0.3 ^a	0.42 \pm 0.1 ^a	0.43 \pm 0.1 ^a	0.43 \pm 0.2 ^a
Nitrato mg/L	11.23 \pm 4.5 ^a	13.23 \pm 0.3 ^a	13.12 \pm 0.2 ^a	15.12 \pm 0.1 ^a	13.43 \pm 0.3 ^a

Superíndices diferentes dentro de las filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

4.2. Indicadores de comportamiento

4.2.1. Prueba de actividad

4.2.2. Latencia para entrar en la primera zona

La prueba de Mann-Whitney muestra que existe diferencias significativas entre los fenotipos de (Figura 3) en la latencia para entrar a la primera zona ($U=362,000$, $p=0.04$). La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias significativas entre las salinidades ($H=3.46$, $p=0.32$) ni la interacción fenotipo de comportamiento salinidad ($H=10.38$, $p=0.16$).

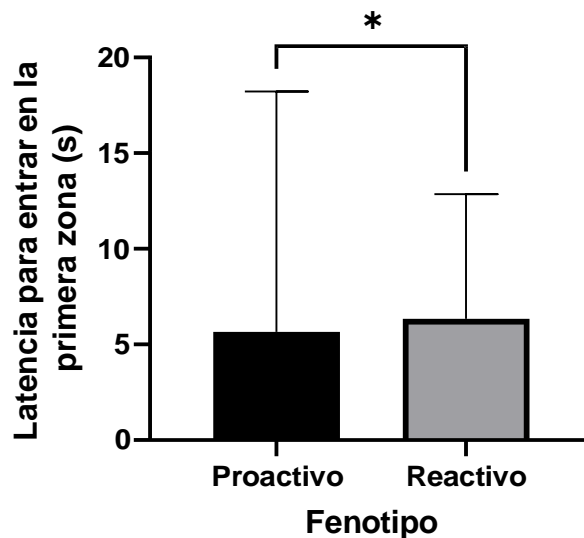


Figura 3. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la primera zona. * $p<0.05$.

4.2.3. Número de transiciones

El número de transiciones (Tabla 4) muestra una tendencia entre fenotipos de comportamiento ($p>0.05$). Se encontró un efecto significativo de la salinidad ($p<0.05$), no se observó efecto de la interacción ($p>0.05$).

Tabla 4. Número de transiciones ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.

Efectos Fijos		Estimador	Error Estándar	Z-valor	P-valor	Significancia
	Intercepto (alfa)	2.60	0,09	27.04	<0.001	***
Fenotipo de comportamiento	P	Ref	Ref	Ref	Ref	
	R	-0.28	0.14	-1.95	0.05	
Salinidad ‰	S0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	S1	0.19	0.12	1.48	0.13	
	S2	-0.21	0.14	-1.50	0.13	
	S3	0.59	0.11	4.97	<0.001	***
Interacción	PS0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	RS1	0.22	0.19	1.16	0.24	
	RS2	0.24	0.21	1.13	0.25	
	RS3	-0.04	0.18	-0.22	0.82	

*** $p < 0.001$

4.2.4. Tiempo de congelamiento

La prueba de ANOVA indica que el tiempo de congelamiento no mostró diferencias significativas entre fenotipos de comportamiento ($F_{(1,56)}=0.72$, $p=0.59$), sin embargo, entre las salinidades se observan diferencias significativas ($F_{(3,56)}= 3.00$, $p=0.03$). La interacción tratamiento semana no mostró diferencias significativas ($F_{(3,56)}= 2.29$; $p=0.08$). La prueba LSD de Fisher (Figura 4), muestra que las concentraciones salinas de 0 y 15 ‰ son estadísticamente diferentes de 22.5, el resto de las concentraciones son similares ($p>0.05$).

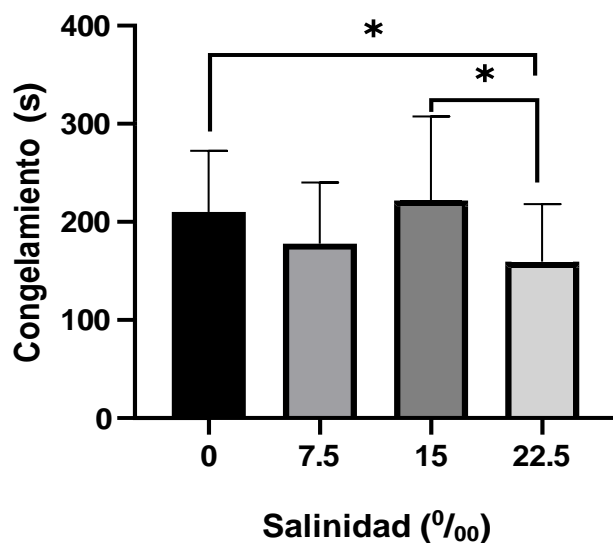


Figura 4. Media \pm D.E., de tiempo de congelamiento. * $p<0.05$.

4.3. Prueba de campo abierto

4.3.1. Latencia para dejar el refugio

No existe diferencias entre fenotipos de comportamiento ($U=3905000$, $p=0.10$), concentraciones de salinidad ($H=0.51$, $p=0.91$) y su interacción ($H=6.60$, $p=0.47$) en la latencia para dejar el refugio.

4.3.2. Latencia para entrar en la parte superior del tanque

Los resultados muestran que existen diferencias significativas (Figura 5), entre los fenotipos de comportamiento en la latencia para alcanzar la parte superior del tanque ($U=307,500$, $p=006$). La salinidad no mostró diferencias significativas ($H=4.46$, $p=0.21$). Existe una interacción significativa entre los factores fijos ($H=16.77$, $p=0.01$). La prueba de diferencias de rangos de Kornbrot muestra que P y R son estadísticamente diferentes en la concentración salina de 15 ‰. El fenotipo R en la salinidad de 15 ‰ es estadísticamente diferente de P en la salinidad de 22.5 ‰. No se observaron diferencias significativas en las otras interacciones.

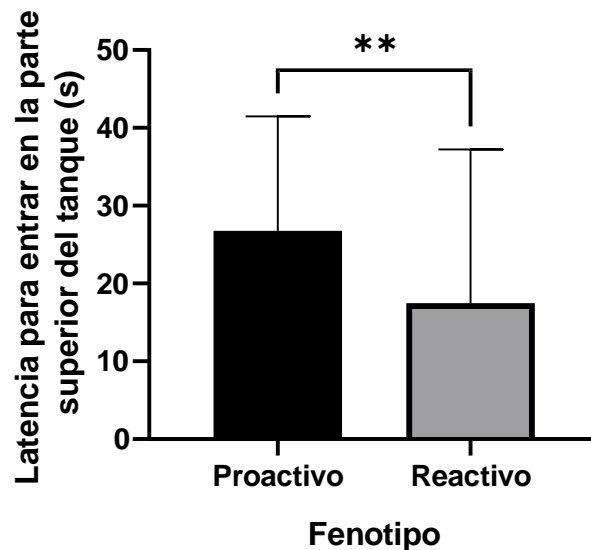


Figura 5. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la parte superior del tanque. ** $p < 0.01$.

4.3.3. Tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque

Existe diferencias significativas en el tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque entre P y R ($F_{(1,56)}=5.07$, $p=0.02$, (Figura 6). No se observaron diferencias significativas entre salinidades ($F_{(3,56)}=0.29$, $p=0.82$) ni las interacciones de los factores fijos ($F_{(3,56)}=1.43$, $p=0.24$).

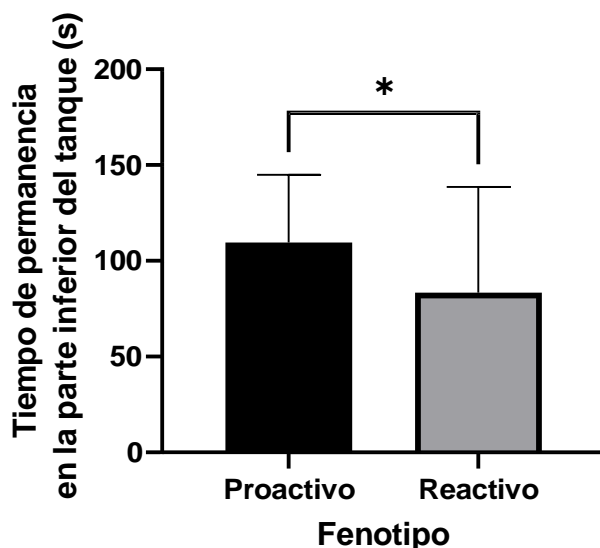


Figura 6. Media \pm D.E., de latencia para entrar en la parte superior del tanque. * $p < 0.05$.

4.4. Indicadores de bienestar animal

4.4.1. Frecuencia ventilatoria

En la Tabla 5 se puede observar que existe diferencias significativas entre fenotipos de comportamiento y salinidad ($p < 0.05$). Sin embargo, no se observa diferencias significativas en la interacción de los factores fijos ($p > 0.05$).

Tabla 5. Frecuencia ventilatoria ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.

Efectos Fijos		Estimado r	Error Estándar	Z- valor	P- valor	Significancia
	Intercepto (alfa)	4.25	0.01	80222	<0.00 1	
Fenotipo de comportamiento	P	Ref	Ref	Ref	Ref	
	R	-0.16	0.01	113.9 2	<0.00 1	***
Salinidad ‰	S0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	S1	-0.05	0.02	4.05	0.04	*
	S2	-0.04	0.02	3.50	0.06	
	S3	0.14	0.02	33.87	<0.00 1	***
Interacción	PS0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	RS1	1.16	0.90	1.28	0.20	
	RS2	0.53	0.89	0.59	0.54	
	RS3	1.02	0.91	1.12	0.26	

*p<0.05; ***p<0.001

4.4.2. Erosión de aleta dorsal

En la Tabla 6 se puede observar que no existe diferencias significativas entre fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción ($p > 0.05$).

Tabla 6. Erosión de aleta ajustada por la familia Poisson de los fenotipos de comportamiento, salinidad y su interacción.

Efectos		Estima	Error	Z-	P-	Significancia
Fijos		dor	Estándar	valor	valor	
Fenotipo de comportamiento	Intercepto (alfa)	0.40	0.40	0.99	0.32	
	P	Ref	Ref	Ref	Ref	
	R	-0.69	0.70	-0.98	0.32	
Salinidad ‰	S0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	S1	-0.18	0.60	-0.30	0.76	
	S2	0.15	0.55	0.27	0.78	
	S3	-0.18	0.60	-0.30	0.76	
Interacción	PS0	Ref	Ref	Ref	Ref	
	RS1	1.16	0.90	1.28	0.20	
	RS2	0.53	0.89	0.59	0.54	
	RS3	1.02	0.91	1.12	0.26	

4.5. Indicadores zootécnicos

4.5.1. Peso

El fenotipo reactivo mostró mejor peso que el proactivo ($U=66504$; $p=0.008$). Se observaron diferencias significativas en el peso en las diferentes salinidades ($H=24.01$; $p<0.001$). La prueba de diferencias de rangos de Kornbrot muestra que el peso en la salinidad de 0‰ es diferente al de la salinidad de 7.5‰ ($p<0.05$), igualmente el peso en la salinidad de 7.5‰ es estadísticamente diferente del peso en la salinidad de 15‰ ($p<0.05$). No se observaron diferencias significativas en las otras interacciones ($p>0.05$). Existe diferencias significativas entre los momentos de medición ($H=499.57$; $p<0.001$). Existen diferencias significativas en la interacción fenotipo de comportamiento salinidad evaluada en los diferentes momentos ($H=550.37$; $p<0.001$). La Tabla 7 muestra que dentro de los momentos individuales no se observaron diferencias significativas ($p>0.05$).

Tabla 7. Media \pm desviación estándar del peso en gramos de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos.

Momento		Salinidad ‰							
		0 ‰		7.5‰		15‰		22.5‰	
		P	R	P	R	P	R	P	R
1	7.68 \pm 1.81 ^a	8.25 \pm 3.06 ^a	13.00 \pm 5.16 ^a	16.75 \pm 19.80 ^a	13.43 \pm 6.41 ^a	13.25 \pm 5.19 ^a	8.81 \pm 2.78 ^a	9.93 \pm 3.06 ^a	
2	42.75 \pm 20.31 ^a	49.80 \pm 17.01 ^a	64.83 \pm 22.33 ^a	69.86 \pm 17.13 ^a	55.26 \pm 18.83 ^a	49.25 \pm 16.02 ^a	61.30 \pm 12.55 ^a	66.50 \pm 19.33 ^a	
3	51.08 \pm 23.80 ^a	63.80 \pm 22.59 ^a	70.16 \pm 24.64 ^a	76.66 \pm 15.61 ^a	61.80 \pm 19.95 ^a	52.50 \pm 16.66 ^a	67.50 \pm 13.41 ^a	71.50 \pm 21.31 ^a	
4	63.33 \pm 37.55 ^a	77.73 \pm 30.45 ^a	81.66 \pm 27.05 ^a	91.86 \pm 19.83 ^a	75.86 \pm 24.24 ^a	63.12 \pm 20.34 ^a	81.40 \pm 19.02 ^a	83.93 \pm 26.50 ^a	
5	74.36 \pm 41.37 ^a	96.40 \pm 31.66 ^a	104.66 \pm 31.85 ^a	114.40 \pm 25.61 ^a	94.71 \pm 29.13 ^a	77.25 \pm 23.92 ^a	92.00 \pm 22.95 ^a	102.30 \pm 31.38 ^a	
6	90.54 \pm 46.15 ^a	113.06 \pm 35.38 ^a	124.50 \pm 40.72 ^a	134.00 \pm 29.34 ^a	113.83 \pm 33.00 ^a	92.00 \pm 22.70 ^a	99.40 \pm 28.34 ^a	126.15 \pm 34.90 ^a	
7	94.00 \pm 58.38 ^a	135.86 \pm 55.04 ^a	157.60 \pm 41.79 ^a	162.42 \pm 39.87 ^a	152.33 \pm 53.05 ^a	131.86 \pm 39.48 ^a	100.76 \pm 25.77 ^a	118.47 \pm 34.23 ^a	

4.5.2. Longitud total

La prueba de Mann-Whitney revela que no existen diferencias significativas en la longitud total entre los fenotipos de comportamiento ($U=69243.00$; $p=0.08$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la longitud total entre las distintas salinidades ($H=19.48$; $p=0.002$). La prueba de diferencias de rangos de Kornbrot señala que la longitud total en la salinidad 0 ‰ difiere de la longitud total en la salinidad de 7.5 ‰ ($p<0.05$), al igual que la longitud total en la salinidad de 7.5 ‰ es estadísticamente diferente de la longitud total en la salinidad de 15 ‰ ($p<0.05$). No se observaron diferencias significativas entre las otras salinidades ($p>0.05$). Además, se evidenció una diferencia significativa entre los distintos momentos de medición ($H=508.57$; $p<0.001$). Existe diferencias significativas en la interacción fenotipo de comportamiento salinidad evaluada en los diferentes momentos ($H=553.06$; $p<0.001$). Sin embargo, en la tabla 8, no se observaron diferencias significativas dentro de los momentos individuales ($p>0.05$).

Tabla 8. Media \pm desviación estándar de la longitud total en centímetros de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos.

Momento	Salinidad ‰							
	0 ‰		7.5‰		15‰		22.5‰	
	P	R	P	R	P	R	P	R
1	7.69 \pm 0.61 ^a	7.82 \pm 0.83 ^a	9.01 \pm 1.18 ^a	8.63 \pm 1.20 ^a	9.05 \pm 1.53 ^a	9.13 \pm 1.10 ^a	8.06 \pm 0.77 ^a	8.39 \pm 0.85 ^a
2	12.96 \pm 1.86 ^a	13.72 \pm 1.83 ^a	14.72 \pm 1.73 ^a	15.10 \pm 1.00 ^a	14.17 \pm 1.60 ^a	13.58 \pm 1.64 ^a	14.77 \pm 1.08 ^a	14.88 \pm 1.38 ^a
3	13.77 \pm 2.07 ^a	14.66 \pm 1.76 ^a	15.40 \pm 1.55 ^a	15.67 \pm 1.00 ^a	14.84 \pm 1.57 ^a	13.88 \pm 1.60 ^a	15.20 \pm 1.10 ^a	15.25 \pm 1.49 ^a
4	14.71 \pm 2.32 ^a	15.66 \pm 1.82 ^a	15.95 \pm 1.71 ^a	16.50 \pm 1.20 ^a	15.76 \pm 1.60 ^a	14.63 \pm 1.63 ^a	16.10 \pm 1.27 ^a	15.96 \pm 1.64 ^a
5	15.52 \pm 2.43 ^a	17.01 \pm 1.86 ^a	17.48 \pm 1.90 ^a	17.95 \pm 1.34 ^a	17.20 \pm 1.87 ^a	15.73 \pm 1.68 ^a	16.75 \pm 1.44 ^a	17.33 \pm 1.78 ^a
6	16.26 \pm 2.42 ^a	17.94 \pm 2.00 ^a	18.27 \pm 2.39 ^a	18.81 \pm 1.37 ^a	17.95 \pm 1.69 ^a	16.61 \pm 1.42 ^a	17.43 \pm 1.67 ^a	18.12 \pm 2.16 ^a
7	16.28 \pm 2.88 ^a	18.71 \pm 2.52 ^a	19.97 \pm 1.63 ^a	19.92 \pm 1.69 ^a	19.32 \pm 2.08 ^a	18.42 \pm 1.79 ^a	17.66 \pm 1.48 ^a	17.95 \pm 2.00 ^a

Superíndices diferentes dentro de las filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

4.5.3. Altura

Los peces reactivos muestran mayor altura que los peces proactivos ($U=66049.50$; $p=0.005$). La salinidad mostró un efecto significativo en la altura de los peces ($H=19.98$; $p<0.001$). Existen diferencias significativas en la altura entre los peces de 0 ‰ con los de 7.50 ‰ y los de 7.50 ‰ con los de 15.00 ‰ ($p<0.05$). La altura fue estadísticamente diferente entre los momentos ($H=457.02$; $p<0.001$). Existe diferencias significativas ($H= 508.86$; $p<0.001$), en la altura de acuerdo con la interacción fenotipo de comportamiento, salinidad y momento, es importante destacar que no se observaron diferencias significativas dentro de los momentos individuales ($p>0.05$) mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Media \pm desviación estándar de altura en centímetros de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades evaluadas en siete momentos.

Momento	Salinidad ‰							
	0 ‰		7.5‰		15‰		22.5‰	
	P	R	P	R	P	R	P	R
1	1.99 \pm 0.17 ^a	2.11 \pm 0.30 ^a	2.47 \pm 0.40 ^a	2.36 \pm 0.39 ^a	2.43 \pm 0.42 ^a	2.41 \pm 0.32 ^a	2.18 \pm 0.24 ^a	2.24 \pm 0.26 ^a
2	3.85 \pm 0.58 ^a	4.12 \pm 0.56 ^a	4.42 \pm 0.65 ^a	4.68 \pm 0.41 ^a	4.31 \pm 0.59 ^a	4.13 \pm 0.56 ^a	4.39 \pm 0.38 ^a	4.53 \pm 0.47 ^a
3	4.01 \pm 0.65 ^a	4.32 \pm 0.60 ^a	4.35 \pm 0.66 ^a	4.54 \pm 0.36 ^a	4.14 \pm 0.49 ^a	3.90 \pm 0.48 ^a	4.38 \pm 0.40 ^a	4.50 \pm 0.52 ^a
4	4.13 \pm 0.83 ^a	4.47 \pm 0.74 ^a	4.50 \pm 0.64 ^a	4.74 \pm 0.37 ^a	4.37 \pm 0.56 ^a	4.10 \pm 0.48 ^a	4.56 \pm 0.41 ^a	4.56 \pm 0.62 ^a
5	4.34 \pm 0.77 ^a	4.82 \pm 0.63 ^a	4.97 \pm 0.63 ^a	5.18 \pm 0.39 ^a	4.70 \pm 0.46 ^a	4.43 \pm 0.53 ^a	4.67 \pm 0.44 ^a	4.83 \pm 0.52 ^a
6	4.80 \pm 0.74 ^a	5.20 \pm 0.59 ^a	5.22 \pm 0.73 ^a	5.50 \pm 0.48 ^a	5.13 \pm 0.54 ^a	4.77 \pm 0.47 ^a	4.88 \pm 0.53 ^a	5.19 \pm 0.68 ^a
7	4.82 \pm 0.83 ^a	5.50 \pm 0.76 ^a	5.78 \pm 0.68 ^a	5.89 \pm 0.62 ^a	5.66 \pm 0.89 ^a	5.49 \pm 0.60 ^a	4.92 \pm 0.48 ^a	5.11 \pm 0.62 ^a

Superíndices diferentes dentro de las filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

4.5.4. Peso de Camarones

El peso no fue afectado por las diferentes salinidades ($H=1.95$; $p=0.58$). Existe un efecto significativo de los momentos de medición ($H=241.87$; $p<0.001$) y de la interacción salinidad por momento de medición ($H=246.07$; $p<0.001$). No se observó diferencias significativas en el peso dentro de los momentos individuales ($p<0.05$) mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10. Media \pm desviación estándar del peso en gramos de los camarones en las diferentes salinidades evaluadas en ocho momentos.

Momento	Salinidad ‰			
	7.5‰	15‰	22.5‰	30‰
1	4.91 \pm 0.48 ^a	4.95 \pm 0.41 ^a	5.00 \pm 0.43 ^a	4.93 \pm 0.35 ^a
2	6.08 \pm 0.37 ^a	6.18 \pm 0.34 ^a	6.22 \pm 0.36 ^a	6.27 \pm 0.41 ^a
3	6.76 \pm 0.05 ^a	6.80 \pm 0.16 ^a	7.01 \pm 0.06 ^a	7.20 \pm 0.17 ^a
4	8.08 \pm 0.25 ^a	8.00 \pm 0.30 ^a	8.15 \pm 0.25 ^a	8.32 \pm 0.12 ^a
5	8.53 \pm 0.23 ^a	8.71 \pm 0.26 ^a	8.68 \pm 0.33 ^a	8.98 \pm 0.16 ^a
6	9.27 \pm 0.10 ^a	9.37 \pm 0.19 ^a	9.56 \pm 0.15 ^a	9.75 \pm 0.13 ^a
7	9.63 \pm 0.16 ^a	10.04 \pm 0.32 ^a	10.25 \pm 0.13 ^a	10.72 \pm 0.12 ^a
8	10.32 \pm 0.58 ^a	10.12 \pm 0.16 ^a	11.22 \pm 0.18 ^a	11.75 \pm 0.12 ^a

Superíndices diferentes dentro de las filas indican diferencias significativas ($p<0.05$)

4.5.5. Biomasa Final

La prueba de Chi cuadrado muestra que existe diferencias significativas en la biomasa final en las diferentes salinidades ($\chi^2_{(4)} = 3391$; $p < 0.00$, (Figura 7). La prueba de Fisher muestra que los tratamientos en policultivo de 7.5 y 15 ‰ de salinidad muestran mayor biomasa que el monocultivo de peces en salinidad de 0 ($p < 0.001$). El monocultivo de peces mostro mayor biomasa final que el policultivo en 22.5 ‰ de salinidad ($p < 0.001$). El monocultivo de camarones en salinidad de 30 ‰ mostro menor biomasa final que los tratamientos en policultivo de 22.5, 15 y 7.5 ‰ ($p < 0.001$).

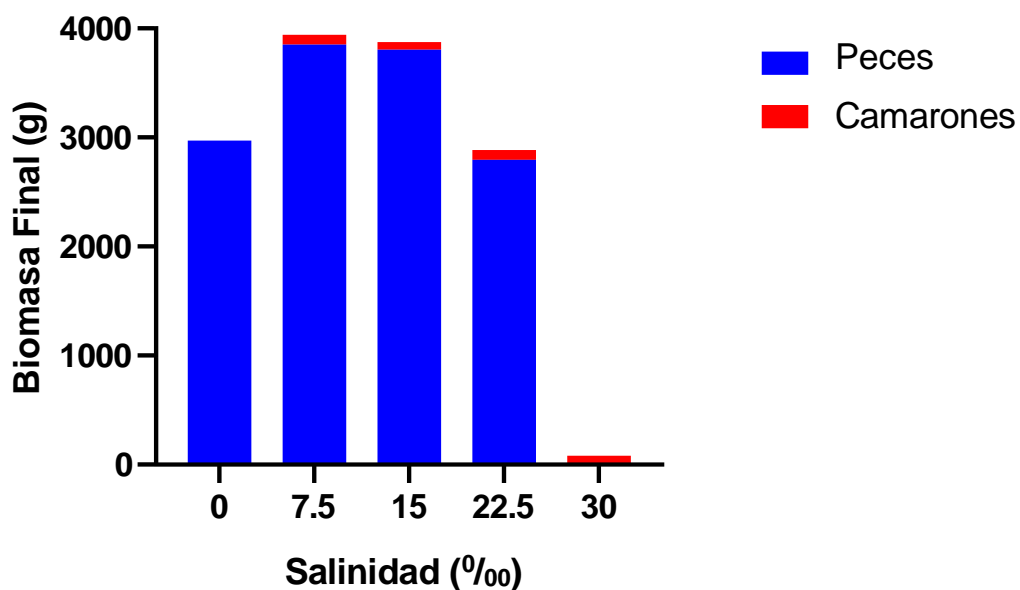


Figura 7. Biomasa final en gramos de los diferentes tratamientos.

4.6. Supervivencia

4.6.1. Peces

Peces del fenotipo de comportamiento R tienen mayor probabilidad de supervivencia que peces P ($\chi^2_{(1)} = 47.43$; $p < 0.001$). La salinidad no muestra un efecto significativo en la supervivencia ($\chi^2_{(3)} = 0.34$; $p = 0.55$). La prueba no paramétrica de Kaplan-Meier (Figura 8) muestra que existe una fuerte interacción entre fenotipo de comportamiento y salinidad ($\chi^2_{(7)} = 20.07$; $p = 0.005$).

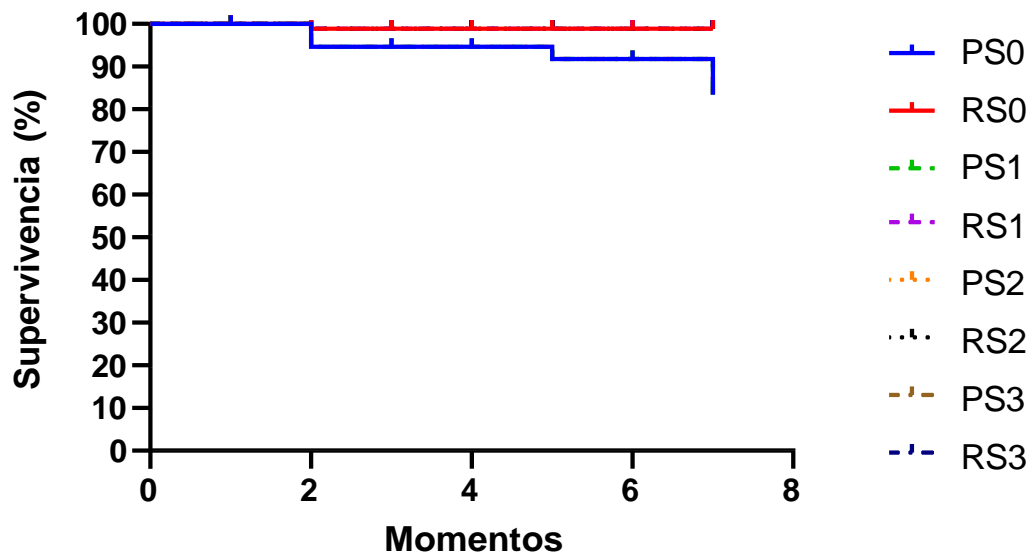


Figura 8. Probabilidad de supervivencia de los fenotipos de comportamiento en las diferentes salinidades.

4.6.2. Camarones

La prueba no paramétrica de Kaplan-Meier (Figura 9), muestra que no existen diferencias significativas en el porcentaje de supervivencia en los camarones en las diferentes salinidades ($\chi^2_{(3)} = 0.67$; $p = 0.87$).

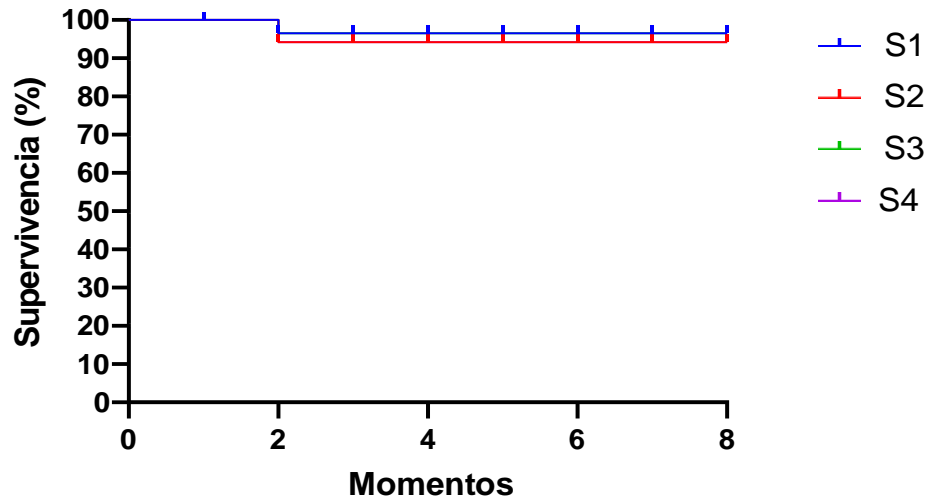


Figura 9. Probabilidad de supervivencia de los camarones en las diferentes salinidades.

V. DISCUSIÓN

Los valores evaluados de los parámetros fisicoquímicos en el agua de cada una de las salinidades estaban dentro de los rangos aceptables para la especie tilapia *O. niloticus* (Saavedra, 2006), esto está en línea con lo reportado por Stone & Thomforde (2004), donde mencionan que la implementación de una eficiente combinación entre tilapias y camarones bajo sistemas de policultivos, mejora los parámetros fisicoquímicos del agua para estas especies.

Los indicadores de comportamiento mostraron ser una herramienta apropiada para evaluar la variación de los fenotipos de comportamiento proactivos y reactivos a diferentes salinidades. En la prueba de latencia para entrar en la primera zona los peces reactivos a pesar de que su comportamiento es menos arriesgado a situaciones de peligro y menos impulsivos a la toma de decisiones mostraron mayor disposición a explorar en la prueba de latencia para entrar a la primera zona, este resultado es contradictorio con la literatura especializada, por ejemplo en *Solea senegalensis*, Smith & Blumstein (2008), indicaron que los peces proactivos se reconocen por su mayor actividad, impulsivos en sus decisiones, se arriesgan más en situaciones de peligro en comparación con los peces reactivos.

En la prueba de actividad los peces mostraron un mayor número de transiciones en la concentración de salinidad de 22.5‰, esto lo podemos atribuir a que la prueba se realiza en agua dulce y los peces proceden de un entorno de alta salinidad, mejorando el confort y la disposición a realizar mayor número de transiciones. Esto está en línea con lo reportado por Galhardo & Oliveira (2009), quienes describen el estrés como cualquier influencia o situación que amenaza la adaptación, que se restablece mediante un complejo conjunto de respuestas adaptativas. Mientras que Mcewen & Wingfield (2003), indican que la homeostasis se interpreta como la estabilidad a través del cambio; sin embargo, Huntingford *et al.*, (2006), mencionan que los peces generan diversos cambios conductuales a las condiciones ambientales como la salinidad, iluminación y colores, modificando las respuestas al estrés, considerándose parte de

estrategias fisiológicas y conductuales adaptativas que han evolucionado para hacer frente a una amenaza percibida.

La salinidad mostró un efecto en el tiempo de congelamiento, esto está en línea con lo reportado por Øverli *et al.*, (2007), indican que el comportamiento de un pez al congelarse u ocultarse es una respuesta rápida como método de defensa, considerándose también una estrategia de defensa pasiva y se basa en la disminución de la actividad, permaneciendo inmóvil ante un agente estresor, o cambios en el ambiente, como la salinidad, temperatura, turbidez y otros cambios dentro del entorno donde se desenvuelve el pez.

La prueba de campo abierto en latencia para entrar en la parte superior del tanque los individuos proactivos presentaron mayor latencia en comparación con los reactivos. Coopens *et al.*, (2010), mencionan que el comportamiento de los animales proactivos es más agresivo, por esta razón asumen riesgos ante un peligro potencial, al mismo tiempo buscan novedades, presentan tasas más altas de actividad y desarrollan fácilmente rutinas aprendidas. El Tiempo de permanencia en la parte inferior del tanque los proactivos demostraron más tiempo en la parte inferior, resultados son contrarios a los descritos por Koolhaas *et al.*, (2007), indicando que los peces reactivos se caracterizan por bajos niveles de agresión conespecífica, evitan correr riesgos en entornos desconocidos, muestran tasas más bajas de actividad, rutinas de aprendizaje flexibles dependientes de señales y comportamientos pasivos como la inmovilidad en respuesta a estímulos estresantes.

Se observaron diferencias en la frecuencia ventilatoria en las salinidades de nuestro ensayo, esto está en línea con los estudios realizados por Barreto & Volpato (2011), indican que la tasa ventilatoria es una respuesta del sistema nervioso simpático que originan respuestas ante un estresor; sin embargo, Bell *et al.* (2010), indican que estas respuestas pueden ser utilizadas como un indicador predictivo de perturbación ambiental como la salinidad utilizada en el ensayo. Otro estudio realizado por Yamashita *et al.*, (2003), mencionan que la frecuencia ventilatoria esta ligada con los cambios en el cortisol, donde relacionan el aumento en las concentraciones de cortisol

con los procesos de regulación de iones y con la movilización de sustratos energéticos en los peces, activando el sistema nervioso simpático y alertando todas las funciones fisiológicas como la frecuencia ventilatoria y frecuencia cardíaca.

En la escala de evaluación total de daño de aleta, entre los fenotipos de comportamiento y salinidad, no se observaron que mayores salinidades ocasionara daños en la aleta, probablemente porque las condiciones fisicoquímicas del agua y de manejo fueron las adecuadas para la especie. Esto está en línea con lo reportado por Huntingford *et al.*, (2006), indicando que la erosión de las aletas en los peces puede verse comprometido por condiciones deficientes de alojamiento, altas densidades de población, mala calidad del agua, alimentos desequilibrados, diseño inadecuado de los tanques, entre otros factores. Villasante *et al.*, (2021), mencionan que la tilapia de agua dulce presenta una alta plasticidad y no generan conductas agresivas a los cambios salinos con alto potencial productivo. Sin embargo, Duncan *et al.*, (2013), indican que proporcionarles a los peces condiciones de cría adecuadas, como agua limpia y renovada, temperatura óptima, tanques limpios, dietas de alta calidad, manipulación reducida, mejorará el bienestar y conducirá a una mayor supervivencia, mejor estado fisiológico, comportamiento y productividad.

Los indicadores zootécnicos en el fenotipo reactivo mostraron mejor peso y altura que el proactivo, observándose diferencias en el peso en las diferentes salinidades. Esto está en línea con lo reportado por Sampaio & Bianchini (2002), en un estudio realizado en la especie *D. latifrons* donde indican que, bajo condiciones controladas de laboratorio, se obtuvieron mejores pesos y altura en los tratamientos entre 10 y 13.5‰ de salinidad demostrando su capacidad eurihalina de este organismo. Por otro lado, estos resultados coinciden con lo mencionado por Sampaio & Bianchini (2008), donde hacen referencia a que los peces eurihalinos, presentan un punto isoosmótico generalmente entre las salinidades de 10 y 12.55‰ donde no se ve afectado su metabolismo producto de la salinidad y el gasto energético que conlleva el proceso de osmorregulación.

Se observó un efecto de las distintas salinidades en la longitud total, resultados similares fueron reportados por Watanabe *et al.*, (1988), en un estudio evaluando los mismos tratamientos en el cultivo de *Oreochromis mossambicus*, donde se encontró que, a diferentes concentraciones de salinidad, el peso y la longitud total ganado por día de la tilapia aumenta en relación directamente proporcional con el incremento de la salinidad hasta un punto, denominado isosalino. Mientras que Verdegem *et al.*, (1997), observaron un efecto muy parecido para el mismo híbrido, estableciendo el límite en las concentraciones de salinidad entre 19‰ y 30‰. Sin embargo, sus resultados y los de este ensayo difieren con lo descrito por Watanabe *et al.*, (1988), quienes concluyen que la tilapia del Nilo es capaz de lograr una mayor longitud total conforme se incrementa la concentración salina, aunque atribuyendo este crecimiento al aumento en el consumo de alimento, sin mostrar importancia en las concentraciones de salinidad.

Se observaron diferencias en la biomasa final en las diferentes salinidades, esto está en línea con lo reportado por Barraza *et al.*, (2013), indican que la mayoría de los estudios sobre la interacción tilapia camarón se han realizado en sistemas controlados, generando como resultado incremento de la producción total de peces y camarones, favorecido por los policultivos en comparación con el monocultivo. Otro estudio realizado por Fitzsmmons (2001), menciona que el policultivo de camarón-tilapia reduce la biomasa final de los camarones comparado con los sistemas de monocultivo, pero incrementa la biomasa total del estanque, en otras palabras, biomasa de peces más camarones.

El porcentaje de supervivencia de los camarones en este ensayo puede ser atribuida al resultado del efecto inhibitorio que las tilapias ejercen sobre ciertos microorganismos patogénicos que afectan el crecimiento y desarrollo del camarón de acuerdo con Cruz *et al.*, (2008). Las tilapias pueden de manera indirecta favorecer a los camarones debido a la producción de enzimas que proveen la mucosa de su piel y saliva, lo cual inhibe el crecimiento de, inclusive, una poderosa bacteria denominada *Luminous bacteria* (Seafdec, 2000). Esta saliva les ofrece soporte a las bacterias gram (+) otorgando un efecto probiótico al camarón. Cuando la tilapia se encuentra bajo

condiciones de estrés, se sugiere que la misma saliva le proporcione protección contra bacterias oportunistas y hongos que estuviesen presentes en el sistema de cultivo. De acuerdo con Tendencia *et al.*, (2004), existen dos grandes mecanismos que pueden ser considerados como los principales efectos inhibitorios de la tilapia sobre el camarón. Uno es la producción de moco sobre la superficie, otros metabolitos; la microflora asociada con el cultivo de la tilapia, lo que podría tener un efecto competitivo en contra del camarón.

El peso de los camarones no fue afectado por las diferentes salinidades durante el ensayo; sin embargo, Barraza *et al.*, (2013), indican que la mayoría de los estudios sobre la interacción tilapia camarón se han realizado en sistemas controlados, generando como resultado incremento de la producción total de peces y camarones, favorecido por los policultivos en comparación con el monocultivo. En estanques de tierra se registró un comportamiento de los indicadores zootécnicos similares al de nuestro estudio, esto está en línea con lo reportado por Cruz *et al.*, (2008), mencionan que el mayor peso y supervivencia del camarón en el sistema de policultivo se puede atribuir al papel ecológico que juega la tilapia. Sin embargo, Apún-Molina *et al.*, (2015), atribuye estos incrementos, a que incide directamente en la depredación del fitoplancton, producción de partículas orgánicas, alimento no digerido, materia fecal, movimiento indirecto de agua, activación del ciclo del nitrógeno y fósforo, biomasa microbiana desarrollada por la biomanipulación de esta especie, incrementando así el peso significativo en los camarones.

VI. CONCLUSIÓN

Los fenotipos de personalidad animal responden de manera diferencial conductual y fisiológicamente a las diferentes concentraciones salinas.

Durante el estudio no se encontraron lesiones en la aleta dorsal indicando que las diferentes salinidades no afectaron el bienestar animal. El desempeño productivo en la tilapia *O. niloticus* fue afectado por la salinidad, no así en *L. vannamei*.

Los tratamientos en policultivo con salinidades de 7.5‰ y 15‰ mostraron los mejores resultados.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar un registro detallado de todas las observaciones y mediciones del comportamiento de las especies acuáticas al momento de evaluar su desempeño productivo.

Disponer de zonas apropiadas de acondicionamiento para aclimatar a los camarones durante una o dos semanas antes de iniciar el ensayo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apún-Molina, J.P., A. Santamaría-Miranda, A. Luna-González, S.F. Martínez-Díaz & M. Rojas-Contreras. (2015). Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperature. *Aquacult. Res.*, 40: 887-894 p.

Aquaculture production technology Ltd. (2006). Retrieved 8 19, 2014, from tilapia y camarón rotación del cultivo. 10 p.

Árnason, R., K. Kelleher, y R. Willmann. (2013). Miles de millones de hundidos. La justificación económica para la reforma de la pesca. Banco Mundial. Washington DC. 52 p.

Arzola GJ, Flores CL, Izabal CA, Gutiérrez RY. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico de baja salinidad. *Rev Aquatic*; 28:8-15 p.

Baltazar, P. y Palomino, A. (2004). Manual del cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES, Gerencia de Acuicultura. 47-50 p.

Barbieri E. (2010). Acute toxicity of ammonia in white shrimp (*Litopenaeus schmitti*) at different salinity levels. *Aquacult*; 306:329-333 p.

Barraza-Guardado RH, Arreola-Lizárraga JA, López-Torres MA, Casillas-Hernández R, Miranda-Baeza A, Magallón-Barrajas F, Ibarra-Gámez C. (2013). Effluents of shrimp farms and its influence on the coastal ecosystems of Bahía de Kino, Mexico. *Sci. World J.*, article ID 306370, 8 p.

Barreto, R. E., & Volpato, G. L. (2011). Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *Journal of Bioscience*, 36, 851-855 p.

Barreto, R. E., & Volpato, G. L. (2011). Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *Journal of Bioscience*, 36, 851-855 p.

Barreto, R. E., & Volpato, G. L. (2011). Ventilation rates indicate stress-coping styles in Nile tilapia. *Journal of Bioscience*, 36, 851-855 p.

Begum N, Islam M, Haque A, Suravi I. (2017). Growth and yield of monosex tilapia *Oreochromis niloticus* in floating cages fed commercial diet supplemented with probiotics in freshwater pond, Sylhet. *Bangladesh J Zool.* 45(1):27-36 p.

Bell, A. M., Henderson, L., & Huntingford, F. A. (2010). Behavioral y respiratory responses to stressors in multiple populations of three-spined sticklebacks that differ in predation pressure. *Journal of Comparative Physiology B Biochemical, Systems, y Environmental Physiology*, 180, 211–220 p.

Bermúdez. (2017). Efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 52, N°3: 611-615, 4 p.

Boyd & Munsiri. (2007). Phosphorus Adsorption Capacity and Availability of Added Phosphorus in Soils from Aquaculture Areas in Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2), 160–167 p.

Boyd & Munsiri. (2007). Phosphorus Adsorption Capacity and Availability of Added Phosphorus in Soils from Aquaculture Areas in Thailand. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27(2), 160–167 p.

Boyd *et al.*, (2011). Interpretation of pH, acidity, and alkalinity in aquaculture and fisheries. *North American Journal of Aquaculture*, 73(4), 403–408 p.

Brian R. Smith and Daniel T. Blumstein (2008). Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, 621 Young Drive South, Los Angeles, CA 90095-1606, USA

Burbano *et al.*, (2015). Supervivencia de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* sometidas a la prueba de estrés osmótico y su relación con el estado de muda. *Revista de biología marina y oceanografía*, Vol. 50, pp. 323.

Calderer, A. (2010). Influencia de la temperatura y la Salinidad sobre el crecimiento y Consumo de Oxígeno de la Dorada (*Sparus aurata* L.) (tesis de doctorado). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

Chakravartty D., Mondal A., Sundaray J.K., Bhattacharyya S.B., Mitra A. (2017). Quality of extensive brackish water polyculture farm effluents at different production levels and its impact on the receiving environment. *Int J Inn Stud Aquat Biol.* 3(2):5-14 p.

Chakravarty *et al.*, (2016). Spatial variation of water quality parameters of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds at Narsapurapupeta, Kajuluru and Kaikavolu villages of East Godavari district, Andhra Pradesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(4), 390–395 p.

Ching, C. (2013). Técnicas y tratamientos exitosos para el cultivo del Camarón en Latinoamérica. *AquaExpo*, 1–45 p. Guayaquil.

Criales MM, Zink IC, Browder JA, Jackson TL. (2011). The effect of acclimation salinity and age on the salinity tolerance of pink shrimp postlarvae. *J Exp Mar Bio Ecol*; 409(1-2):283-289 p.

Cruz, P. S., Andalecio, M. N., Bolívar, R. B. y Fitzsimmons, K. (2008). "Tilapia—Shrimp Polyculture in Negros Island, Philippines: A Review", en *Journal of the World Aquaculture Society*. 39: 713-725 p.

Cuzon, G., Lawrence, A., Gaxiola, G., Rosas, C. y Guillaume, I. (2004). "Nutrition of *Litopenaeus vannamei* reared in tanks Or ponds", en *Aquaculture*. 235: 513-551 p.

De León, Miguel. (2012). *Cartilla Práctica para el Cultivo del Camarón Peneido en Panamá*. Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. 1-24 p.

DiMaggio, M.A., C.L. Ohs & B.D. Petty. (2009). Salinity tolerance of the Seminole killifish, *Fundulus seminolis*, a candidate species for marine baitfish aquaculture. *Aquaculture*, 293(1-2): 74-80 p.

El-Sayed, A.-F.M., Teshima, S., (2006). Protein and energy requirement of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture* 103, 55–63 p.

Farias, G. (2019). Evaluación de dos métodos de alimentación para engorde de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *Penaeus vannamei*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Briggs, M. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual). Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *Oreochromis niloticus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual). Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformacion azul. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformacion azul. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Revista de la Sociedad Mundial de Acuicultura: Volumen 54, Número 2. Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Frías & Páez. (2001). Toxicidad de los Compuestos del Nitrógeno en Camarones. *Camaronicultura y Medio Ambiente*, 253–276 p.

Galhardo L, Oliveira RF. (2009). Psychological Stress and Welfare in Fish. *Annu Rev Biomed Sci*; 11:1-20 p.

Güner, Y., O. Özden, H. Çagırgan, M. Altunok & V. Kizak. (2005). Effects of salinity on the osmoregulatory functions of the gills in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29: 1259-1266 p.

Hernández-Barraza C, López-Cantú D, Osti J.L, Fitzsimmons K, Nelson S, (2012). Productividad de la tilapia del Nilo policultivada (*Oreochromis niloticus*) y camarón blanco del pacífico (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema de recirculación. *Isr J Aquacult-Bamid, IJA_65.2013.802* p.

Huntingford, F. A. & Adams, C. E. (2005). Behavioural syndromes in farmed fish: implications for production welfare. *Behaviour* 142, 1207–1221. Coopens *et al.*, (2010).

Islam MR, Tabeta S. (2019). Shrimp vs prawn-rice farming in Bangladesh: A comparative impacts study on local environments and livelihoods, *Ocean Coast Manag*; 168:167-176 p.

Kamal, A. H. M. M., Mair, G. C. (2005). Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. *Aquaculture*, 247(4), 189–201 p.

Koolhaas J.M., Korte S.M., De Boer S.F., Van Der Vegt B.J., Van Reenen C.G., Hopster H., De Jong I.C., Ruis M.A., Blokhuis H.J., (2007). Coping styles in animals: current estatus in behavior and stress-physiology. *Neurosci Biobehav Rev* 23:925–935 p.

Lautor *et al.*, (2008). Estrategias de alimentación en la etapa de engorde del camarón. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689– 1699 p.

Lemonnier *et al.*, (2004). Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture*, 240(1–4), 297–312 p.

Leonor Galhardo & Rui F Oliveira (2009). Psychological Stress and Welfare in Fish. 11:1-20 p.

Martínez CL. (2005). Camaronicultura, avances y tendencias. México: AGT Editor. 8: 4-18 p.

McEwen, B. S. & Wingfield, J. C. (2003). The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior*, 43(1), 2–15.

Ministerio de Agricultura (2017). Manual de Acuicultura y pesca. Bogotá, Colombia 135 p.

Molina *et al.*, (2002). Estrategia de alimentación de acuerdo con la demanda fisiológica del juvenil *Litopenaeus vannamei*. *Avances En Nutrición Acuícola*, 6, 98–113 p.

Palacios E, Racotta IS. (2007). Salinity stress test and its relation to future performance and different physiological responses in shrimp postlarvae. *Aquacult*; 233:123-135 p.

Person-Le Ruyet, J., & Le-Bayon, N. (2009). Effects of temperature, stocking density and farming conditions on fin damage in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Resources*, 22(3), 349–362 p.

Piña VP, Voltolina D, Nieves SM, Robles M. (2006). Survival, development and growth of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* protozoa larvae, fed with monoalgal and mixed diets. *Aquacult*; 253:523-530 p.

Pruginin Y., Fishelson L., Koren A. (1988). Intensive tilapia farming in brackish water from an Israeli desert aquifer. In: Pullin RSV, Bhukaswan T, Tonguthai K, Maclean JL (eds), The 2nd international symposium on tilapia in aquaculture. ICLARM Conference Proceedings Vol. 15. Dept. of Fisheries, Bangkok, Thailand and ICLARM, Manila, Philippines, pp 75-81.

Racotta I, Palacios E, Hernández R, Bonilla A, Pérez C, Ramírez JL. (2005). Criteria for assessing larval and postlarval quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquacult*; 233:181-195 p.

Reis, A.B., D.M.G. Santana, J.F. Azevedo, L.S. Merlini & E.J.A. Araújo. (2009). The influence of the aquatic environment in tanks sequentially interconnected with PVC pipes on the gill epithelium and lamellas of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Pesq. Vet. Bras.*, 29(4): 303-311 p.

Riche, M. & T.N. Williams. (2010). Apparent digestible protein, energy and amino acid availability of three plant proteins in Florida pompano, *Trachinotus carolinus* L. in seawater and low-salinity water. *Aquacult. Nutr.*, 16(3): 223-230 p

Romero. (2014). Comparación económica y técnica de sistema de manejo semi intensivo e intensivo en el cultivo de camarón de mar en Ecuador y Nicaragua. 22 p.

Rueda González, F. M. (2011). Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura. *Revista Eubacteria* ISSN-e 1697-0454, N°. 26.

Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Centro de Investigaciones de Ecosistemas Acuáticos. Managua – Nicaragua 78 p.

SAGARPA. (2006). Manual de Producción de Tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad. Veracruz – México 125 p.

Sampaio & Bianchini (2008). Sampaio L.A. & Bianchini A. (2008). Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 269, 187–196.

Sampaio L.A., Bianchini A. (2002). Salinity effects and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 269: 187-196.

Seafdec. (2000). "Environmental friendly shrimp farming", en Seafdec Asian Aquaculture. 22: 6-8 p.

Stone, N.M. and Thomforde, H.K. (2004). Understanding Your Fish Pond Water Analysis Report. Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff, Pine Bluff.

Suresh A.V.Y., Lin C.K. (2014). Tilapia culture in saline waters: a review. Aquaculture; 106:201-226 p.

Tendencia, E. A., De la Peña, M. R., Fermín, A. C., Lio-Po, G. y Choresca, C. H. Jr. (2004). "Antibacterial activity of tilapia *Tilapia hornorum* against *Vibrio harveyi*", en Aquaculture. 232: 145-152.

Treviño Zapata, N. (2011). Evaluación del crecimiento de Camarón Blanco. UAT. Correspondencia: cbarraza@uat.edu.mx.

Valenzuela W, Rodríguez G, Ponce PJ, Esparza H. (2010). Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Rev Biol Mar y Oceanog; 46:303-311 p.

Vega-Villasante F, Ruiz-González LE, Chong-Carrillo O, Basto-Rosales MER, Palma-Cancino DJ, Tintos-Gómez A, Montoya-Martínez CE, Kelly-Gutiérrez LD, Guerrero-Galván SR, Ponce-Palafox JT, Zapata A, Musin GE, Badillo-Zapata D (2021). Biology and use of the Pacific fat sleeper *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844): state of the art review. Latin American Journal of Aquatic Research 49: 391-403.

Villasante *et al.* (2021). Villasante, A., Ramírez, C., Figueroa Villalobos, E., Pereira, W. A., Powell, M. S., Gatlin III, D. M., ... & Romero, J. (2023). Creatine in Sustainable Fish Aquaculture. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 31(3), 420-451.

Villasante, F., Carrillo, F. O., Jaime, C. B., Galindo, L. J. (2010) Alimentos Funcionales en la nutrición de organismos acuáticos: del pasado reciente al futuro inmediato. Industria Acuícola. 2010, vol. 4. 36-38 p.

Volpato, G.L. (2012). Caution for using ventilatory frequency as an indicator of stress in fish. *Behav. Process.* 66 43–51 p.

Watanabe *et al.*, (2012). Watanabe, W.O., Losordo, T. M., Fitzimmons, K. y Hanley, F. (2012). Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends, and Challenge. *Reviews in fisheries Science*, 10(3), 465-498 p.

Watanabe N. (2012). Finite element method for coupled thermo-hydro-mechanical processes in discretely fractured and non-fractured porous media. PhD Thesis, Technische Universität Dresden, Chair of Applied Environmental System Analysis, Helmholtz Centre for Environmental Research UFZ, Department of Environmental Informatics

Watanabe, W, Fitzsimmons, K. y Yang Yi. (2006). "Farming Tilapia in Saline Waters", en Lim, C. y Webster, C. (eds.) *Tilapia: Biology, Culture, and Nutrition*. Hawthorn Press.

Yuan, X., H. Yang, L. Wang, Y. Zhou & H.R. Gabr. (2010). Effects of salinity on energy budget in pond-cultured sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Echinodermata: Holothuroidea). *Aquaculture*, 306(2): 348-351 p.

Zamora. (2017). Respuesta metabólica del camarón blanco, *Litopenaeus vannamei* en relación al ciclo de muda y durante el proceso de cosecha en un cultivo semiintensivo así como su repercusión sobre la calidad postcosecha. Tesis. 29 p.