



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la Tilapia Negra
(Oreochromis sp.) tras infección con Pseudomonas y Vibrios**

**CARRION GOMEZ MARIA FERNANDA
INGENIERA ACUICOLA**

**FREIRE SOLIS KLEBER STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la Tilapia Negra
(Oreochromis sp.) tras infección con Pseudomonas y Vibrios**

**CARRION GOMEZ MARIA FERNANDA
INGENIERA ACUICOLA**

**FREIRE SOLIS KLEBER STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2024**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la Tilapia Negra
(Oreochromis sp.) tras infección con Pseudomonas y Vibrios**

**CARRION GOMEZ MARIA FERNANDA
INGENIERA ACUICOLA**

**FREIRE SOLIS KLEBER STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

GALARZA MORA WILMER GONZALO

**MACHALA
2024**

TURNITIN FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ fisheries.org

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

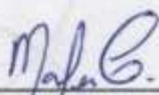
Los que suscriben, CARRION GOMEZ MARIA FERNANDA y FREIRE SOLIS KLEBER STEEVEN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) tras infección con *Pseudomonas* y *Vibrios*, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

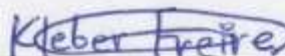
Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



CARRION GOMEZ MARIA FERNANDA

0706424454



FREIRE SOLIS KLEBER STEEVEN

0952529469

AGRADECIMIENTOS

Está tesis es un tributo a las personas que han sido mi fuerza y mi inspiración a lo largo de mi vida. A mi mami, Rocío del Pilar Gómez Biscaino, mi ángel en la tierra, gracias por ser mi soporte incondicional. Tu amor, apoyo y paciencia infinita han sido la base de mi crecimiento y éxito. Te amo por todo lo que me has enseñado y por ser mi ejemplo por seguir. A mi papi, Fernando Carrión, gracias por alentarme en los buenos y malos momentos. Tu visión y apoyo han sido fundamentales en mi camino hacia el éxito. Me siento orgullosa de haber podido reflejar uno de tus sueños. A mi hermano, Mike Carrión, gracias por acompañarme en este camino y ser mi compañero de aventuras.

Y a mi querido Klebercito, mi compañero de vida, socio, mejor amigo y colega, este trabajo es el reflejo del gran equipo y el amor que compartimos. Tu apoyo constante y dedicación inigualable han sido clave en mi éxito. Te amo por siempre.

También quiero agradecer a mis pequeños ángeles, Dakota y Ruffo, por su compañía en las noches de desvelo. Este trabajo es también de ustedes.

Expreso mi más profundo agradecimiento a mi director de tesis, el Ing. Wilmer Gonzalo Galarza Mora, M.Sc., por su invaluable orientación, paciencia y compromiso durante todo el proceso de titulación. Su guía no solo me ha proporcionado una sólida formación académica, sino que también, a través de sus enseñanzas, experiencias y conocimientos, ha influido de manera significativa en mi desarrollo personal y en mi búsqueda continua de la excelencia. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Ing. Irán Rodríguez Delgado, Dr. Patricio Rentería Minuche Mg.Sc., Ing. Cesar Valarezo Macias Mg.Sc., Ing. Patricio Quizhpe Cordero, Mg.Sc. y al estudiante de la carrera de acuicultura Sr. Marco Jordy Negrón Merizalde; vuestro apoyo indispensable fue clave para la exitosa culminación de este trabajo de titulación, asegurando que todo el proceso se desarrollara sin contratiempos.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los siguientes profesionales que nos brindaron su apoyo y orientación en el inicio de nuestra carrera: Lic. Segundo Quinche Balcázar, Lic. Glenda Velasco Castillo, Lic. Mayra Soto Villa e Ing. Rommel López Ortiz

Con todo mi amor,

María Fernanda Carrión Gómez

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia Carrión Gómez, quienes, más allá de los lazos sanguíneos, me han brindado un hogar lleno de amor y apoyo incondicional. Su fe en mis capacidades ha sido el motor que me ha impulsado a alcanzar esta meta. A mi querida suegra, Sra. Rocío del Pilar Gómez Biscaino, cuya resiliencia y generosidad han sido una fuente inagotable de inspiración. A mis padres, Moisés Freire y Ruth Solís, quienes, con su amor y sacrificio, han construido los cimientos de mi éxito. Y a mi amada Mafitar, mi compañera de vida, quien ha sido mi cómplice en cada paso de este viaje, demostrando que juntos somos capaces de lograr cualquier sueño.

Y a mis queridos Dakota y Ruffo, mis bebés de cuatro patas, gracias por ser mi fuente de alegría y motivación. Su amor y compañía han sido fundamentales en este viaje. Los amo a todos tres por siempre. Mi pequeña Familia. A mis abuelos, Jorge Freire y Bertha Freire; que me enseñaron a ser fuerte y a nunca rendirme. A mi abuelito, gracias por ser mi guía y mentor. Y a mi abuelita, aunque no estés físicamente conmigo, tu amor y legado siguen vivos en mi corazón.

Deseo expresar mi más profundo reconocimiento al Ing. Wilmer Galarza Mora, M.Sc., cuya figura como mentor ha sido un faro en mi camino académico. Su erudición y su capacidad para transmitir conocimientos de manera clara y concisa han sido una fuente constante de inspiración. Asimismo, quiero agradecer a los: Ing. Irán Rodríguez Delgado, Ing. Patricio Quizhpe Cordero, Mg.Sc., Dr. Patricio Rentería Minuche Mg.Sc., Ing. Cesar Valarezo Macias Mg.Sc., y al Sr. Marco Jordy Negrón Merizalde; cuya asesoría experta fue fundamental para la materialización de este trabajo.

Con todo mi amor y gratitud,

Kleber Steeven Freire Solís

DEDICATORIA

Está tesis la dedico a mi preciosa y amada mami Rocío del Pilar Gómez Biscaino por ser mi soporte gracias a su amor incondicional, su apoyo constante y su infinita paciencia por todo lo que me ha enseñado a lo largo de mi vida. Y mi papi Fernando Carrión que hoy ve en mí reflejado uno de sus sueños gracias por el alentarme en los buenos o malos momentos. Y a mi hermano Mike Carrión por acompañarme en este camino. Está tesis es el resultado del esfuerzo y la dedicación de todos ustedes.

Amor de todas mis vidas, mi compañero de carrera, socio, mejor amigo y hoy en día colega; este trabajo es el reflejo del gran equipo y el amor que compartimos sin tu apoyo constante y tu dedicación inigualable a lo largo de este viaje no hubiese sido posible.

Mis ángeles en la tierra Dakota y Ruffo este trabajo también es de ustedes por su compañía en las noches de desvelo.

Los amo por siempre

María Fernanda Carrión Gómez

Dedico este trabajo de investigación, con todo mi corazón, a quienes han sido mi fuerza y mi inspiración:

A la familia Carrión Gómez, que me ha enseñado que el amor y la unión familiar van más allá de la sangre. Su apoyo incondicional ha sido clave en mi crecimiento personal y académico.

A mi suegra, Sra. Rocío del Pilar Gómez Biscaino, cuyo ejemplo de resiliencia y generosidad ha sido un faro en mi vida, inspirándome a perseguir mis sueños con pasión.

A mis padres, Moisés Freire y Ruth Solís, por ser la base sólida de mi éxito. Su amor y sacrificio han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante.

A mi Mafitar, mi amor y compañera de vida, con quien he compartido este viaje. Juntos hemos convertido nuestros sueños en realidad, superando cada desafío. Te amo por siempre.

Kleber Steeven Freire Solís

RESUMEN

Este estudio evaluó el impacto de las infecciones bacterianas por *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis* sp.) bajo condiciones controladas de laboratorio. Se realizaron pruebas experimentales para medir la tasa de crecimiento, supervivencia y presencia de colonias bacterianas en los organismos y en el agua de cultivo. Los resultados demostraron que las infecciones bacterianas disminuyen significativamente la tasa de crecimiento y aumentan la mortalidad en tilapias, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias efectivas de manejo y control. Además, se exploró la eficacia de tratamientos biológicos y químicos en la reducción de la carga patógena, mejorando así los resultados de salud de los peces infectados. Este estudio contribuye a la comprensión de la respuesta de la Tilapia Negra frente a infecciones bacterianas, proporcionando una base sólida para el desarrollo de prácticas acuícolas más sostenibles y eficaces. El presente estudio evaluó la eficacia de diferentes tratamientos en la supervivencia de tilapias a lo largo de un período de cuatro semanas, utilizando un análisis ANOVA de una vía. Los resultados indicaron que, aunque hubo variabilidad entre los tratamientos, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas en ninguna de las semanas evaluadas ($p > 0.05$). Se observó una tendencia hacia la significancia en la segunda semana ($p = 0.057$), lo que sugiere que algunos tratamientos podrían estar influyendo en la supervivencia de las tilapias, aunque no con la fuerza necesaria para ser concluyentes. Los análisis post hoc mediante Tukey HSD confirmaron la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, agrupando a los tratamientos en subconjuntos homogéneos en cada semana. Estos resultados sugieren que, si bien los tratamientos pueden estar afectando la supervivencia de manera mínima, no existen pruebas suficientes para afirmar una influencia estadísticamente significativa. Este estudio evaluó el impacto de varios tratamientos en el peso de organismos durante un período de cuatro semanas, utilizando un diseño de ANOVA unidireccional para analizar los datos recolectados semanalmente. Los resultados revelan que, aunque no se observaron diferencias significativas en la primera semana ($p > 0.05$), a partir de la segunda semana se evidenció una influencia estadísticamente significativa de los tratamientos sobre el peso de los individuos ($p < 0.05$), con un efecto creciente en las semanas subsiguientes. La semana cuatro mostró diferencias altamente significativas, subrayando un efecto acumulativo de los tratamientos. Las pruebas post hoc (Tukey HSD) sugieren que los tratamientos empiezan a diferenciarse notablemente en términos de efectividad, con el tratamiento D emergiendo como el más eficaz hacia el final del periodo de estudio. Estos hallazgos sugieren que la temporalidad y la naturaleza del tratamiento son cruciales para optimizar el crecimiento de los organismos, proporcionando una base para

futuras investigaciones en la optimización de estrategias de manejo en sistemas de producción acuícola. Se recomienda continuar con la investigación para explorar si el aumento de la duración o la variación de los tratamientos podría conducir a resultados más concluyentes.

Palabras claves: Pseudomonas spp. y Vibrio spp., Tilapia (*Oreochromis Sp*), Catalizadores bacterianos, Infecciones bacterianas en peces.

ABSTRACT

This study evaluated the impact of bacterial infections by *Pseudomonas* spp. and *Vibrio* spp. on the growth and survival of Black Tilapia (*Oreochromis* sp.) under controlled laboratory conditions. Experimental tests were conducted to measure growth rate, survival, and the presence of bacterial colonies in the organisms and in the culture water. The results demonstrated that bacterial infections significantly decrease the growth rate and increase mortality in tilapia, highlighting the need for effective management and control strategies. Additionally, the efficacy of biological and chemical treatments in reducing the pathogenic load was explored, improving the health outcomes of infected fish. This study contributes to the understanding of Black Tilapia's response to bacterial infections, providing a solid foundation for the development of more sustainable and effective aquaculture practices. The present study evaluated the effectiveness of different treatments on tilapia survival over a four-week period, using a one-way ANOVA analysis. The results indicated that although there was variability among the treatments, these differences were not statistically significant in any of the weeks evaluated ($p > 0.05$). A trend towards significance was observed in the second week ($p = 0.057$), suggesting that some treatments may be influencing tilapia survival, although not with sufficient strength to be conclusive. Post hoc analyses using Tukey HSD confirmed the absence of significant differences between treatments, grouping the treatments into homogeneous subsets each week. These results suggest that while the treatments may be minimally affecting survival, there is insufficient evidence to assert a statistically significant influence. This study also evaluated the impact of various treatments on the weight of organisms over a four-week period, using a one-way ANOVA design to analyze the data collected weekly. The results revealed that although no significant differences were observed in the first week ($p > 0.05$), from the second week onwards, a statistically significant influence of the treatments on the weight of the individuals was evident ($p < 0.05$), with a growing effect in subsequent weeks. Week four showed highly significant differences, highlighting an accumulative effect of the treatments. Post hoc tests (Tukey HSD) suggest that the treatments begin to differentiate markedly in terms of effectiveness, with treatment D emerging as the most effective towards the end of the study period. These findings suggest that the timing and nature of the treatment are crucial for optimizing organism growth, providing a basis for future research in optimizing management strategies in aquaculture production systems. Further research is recommended to explore whether increasing the duration or varying the treatments could lead to more conclusive results.

Keywords: Pseudomonas spp. and Vibrio spp., Tilapia (Oreochromis sp.), Bacterial catalysts, Fish bacterial infections.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	VI
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 JUSTIFICACION.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivo general	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 HIPOTESIS	5
CAPITULO II	6
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Cultivo de Tilapia en el Ecuador 7	
2.1.1 Biología de la Tilapia 8	
2.1.2 Taxonomía 9	
2.1.3 Morfología externa 9	
2.1.4 Hábitos alimenticios 9	
2.1.5 Hábitat de la Tilapia 10	
2.1.6 Salinidad 10	
2.2 Calidad del agua 10	
2.2.1 Turbidez 12	
2.2.2 Potencial hidrógeno (pH) 12	
2.2.3 Temperatura 12	
2.2.4 Oxígeno 13	
2.2.5 TAN 13	
2.2.6 N-NH ₃ - N-NH ₄ ⁺ 13	
2.3 Patologías bacterianas contemporáneas de relevancia crítica en la acuicultura 14	
2.3.1 Pseudomonas	16
2.3.2 Vibriosis	17

2.3.3	Tilapia Negra infectada con Pseudomonas y Vibrios en el ambiente natural y sus implicaciones en el cultivo de <i>L. vannamei</i>	20
2.3.4	Rol de los microorganismos en la calidad del agua y salud acuícola.....	22
2.3.5	Microorganismos: Factores clave en la sostenibilidad acuícola.....	23
2.3.6	Interacciones competitivas y control de patógenos en acuicultura.....	25
2.3.7	Impacto de probióticos en el crecimiento y salud de la tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	26
2.3.8	Fermentos simbióticos en acuicultura: estrategias y efectos.....	31
2.3.9	Inmunización o tratamientos mediante inmersión.....	32
3.	MATERIALES Y METODOS	35
3.1	Equipos y materiales	35
3.1.1	Trabajos de escritorio	35
3.1.2	Trabajos de campo	35
3.2	Metodología	36
3.2.1	Ubicación del área de estudio	36
3.2.2	Etapa preexperimental	37
3.2.3	Densidad de Siembra	37
3.2.4	Aireación	37
3.2.5	Acondicionamiento del agua para el cultivo	38
3.3	Diseño Experimental	38
3.4	Gestión y ejecución del experimento	39
3.4.1	Implementación	39
3.4.2	Obtención y transporte del agua y de las Tilapias en su peso óptimo	39
3.4.3	Preparación del catalizador bacteriano de inmersión	40
3.4.4	Implementación del catalizador bacteriano y seguimiento del experimento	40
3.4.5	Alimentación	41
3.5	Variables por medir	
3.5.1	Variables dependientes	41
3.5.2	Variables intervinientes aleatorias	42
3.5.3	Supervivencia de Tilapia Negra (<i>Oreochromis sp</i>)	42
3.5.4	Procedimiento estadístico	42
4.	RESULTADOS Y DISCUSION	43
4.1	Variación de los parámetros fisicoquímicos durante la experimentación	43
4.1.1	Temperatura.....	43
4.1.2	Oxígeno Disuelto	47
4.1.3	pH.....	50

4.1.4	Salinidad	52
4.1.5	Nitrógeno Amoniacal Total (TAN).....	54
4.1.6	Estadística de datos: Objetivo de supervivencia de Tilapias (Oreochromis sp.)	58
4.1.7	Estadística de datos: Objetivo de peso de Tilapias (Oreochromis sp.).....	65
5.	DISCUSIÓN.....	71
5.1.	Análisis de los Resultados en Relación con las Hipótesis	71
5.2.	Comparación con Estudios Previos	71
5.3.	Evaluación de los Tratamientos.....	72
5.4.	Implicaciones para la Práctica Acuícola	73
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
6.1.	Conclusiones	74
6.1.	Recomendaciones	74
7.	BIBLIOGRAFIA.....	76
8.	ANEXOS.....	86

Índice de Tablas

Tabla 1:	Taxonomia para la Tilapia	9
Tabla 2:	Bacterias beneficiosas empleadas en sistemas acuícolas.....	24
Tabla 3:	Métodos de medición de las variables dependientes.	41
Tabla 4:	Métodos de medición de las variables intervinientes aleatorias	42
Tabla 5:	Análisis de Resultados del ANOVA de Supervivencia en Tilapia	58
Tabla 6:	Semana 1 (S-1).....	59
Tabla 7:	Semana 2 (S-2).....	60
Tabla 8:	Semana 3 (S-3).....	60
Tabla 9:	Semana 4 (S-4).....	61
Tabla 10:	Análisis y descripción del ONEWAY ANOVA en las diferentes semanas de evaluación.....	65
Tabla 11:	Semana de Evaluación S-1.....	65
Tabla 12:	Semana de Evaluación S-2.....	66
Tabla 13:	Semana de Evaluación S-3.....	67
Tabla 14:	Semana de Evaluación S-4.....	67

Índice de Figuras

Figura 1: Tilapia(<i>Oreochromis spp.</i>)	8
Figura 2: Septicemia caracterizada por hemorragias en (a) la boca, la cabeza y las aletas y en (b) el intestino, la cavidad abdominal y los músculos.....	18
Figura 3: Esquema que ilustra el modo de acción de los probióticos del género <i>Bacillus</i> , creando un entorno hostil para los patógenos, competir por los nutrientes esenciales y limitar los sitios de adhesión epitelial.	28
Figura 4: Diversos mecanismos de acción de los probióticos en la tilapia del Nilo (<i>O. niloticus</i>)	31
Figura 5: Ubicación del área de estudio.....	37
Figura 6: Diseño de Experimentación de la ubicación de los Tanques	39
Figura 7: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00	43
Figura 8: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00	44
Figura 9: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00	44
Figura 10: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00	45
Figura 11: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00	45
Figura 12: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00	46
Figura 13: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00	46
Figura 14: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00	47
Figura 15: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento	48
Figura 16: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento	48
Figura 17: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento	49
Figura 18: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento	49
Figura 19: Variación del pH del agua durante el experimento	50
Figura 20: Variación del pH del agua durante el experimento	51
Figura 21: Variación del pH del agua durante el experimento	51
Figura 22: Variación del pH del agua durante el experimento	52
Figura 23: Variación de Salinidad del agua durante el experimento tomados al inicio y final del experimento	52
Figura 24: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00	54

Figura 25: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00.....	55
Figura 26: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00.....	55
Figura 27: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00	56
Figura 28: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00.....	56
Figura 29: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00.....	57
Figura 30: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00.....	57
Figura 31: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00.....	58
Figura 32: Supervivencia de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 1	62
Figura 33: Supervivencia de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 2	63
Figura 34: Supervivencia de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 3	63
Figura 35: Supervivencia de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 4	65
Figura 36: Peso de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 1	68
Figura 37: Peso de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 2	69
Figura 38: Peso de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 3	69
Figura 39: Peso de la Tilapia negra (<i>Oreochromis sp.</i>) por tratamientos semana 4	70

Índice de Anexos

Anexo 1: Toma de muestras de agua y suelo en origen.....	86
Anexo 2: Recogida de especímenes para estudio	86
Anexo 3: Preparación de área de experimentación.....	87
Anexo 4: Preparación de los catalizadores bacterianos	88
Anexo 5: Equipos para toma de parámetros	88
Anexo 6: Toma de parámetros.....	89
Anexo 7: Control de sobrevivencia.....	89
Anexo 8: Toma de TAN en las unidades experimentales con el kit API	90
Anexo 9: Preparación de muestras para envío al laboratorio de análisis.....	90
Anexo 10: Pesaje y revisión de especímenes de Tilapia Negra (<i>Oreochromis sp.</i>).....	91
Anexo 11: Reporte microbiológico de especímenes de Tilapia al inicio de la experimentación, Laboratorio Biomar Celi	92
Anexo 12: Reporte microbiológico del agua	92

Anexo 13: Reporte microbiológico del fondo donde se tomaron los especímenes de Tilapia Negra (<i>Oreochromis sp.</i>).....	93
Anexo 14: Reporte microbiológico de Tilapia Negra (<i>Oreochromis sp.</i>).....	93
Anexo 15: Reporte microbiológico de Tilapia Negra (<i>Oreochromis sp.</i>) con cada uno de los tratamientos	94
Anexo 16: Tablas de análisis microbiológicos de camarón, agua y lodos como parámetros referenciales para el estudio realizado.....	94
Anexo 17: Tablas de resultados de los tratamientos por semana sobrevivencia y peso	95

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en una de las actividades económicas más importantes a nivel mundial debido a la creciente demanda de productos pesqueros. La tilapia negra (*Oreochromis sp.*), conocida por su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales, es una especie de gran relevancia en la acuicultura. Sin embargo, la incidencia de infecciones bacterianas, especialmente por patógenos como *Pseudomonas* y *Vibrio spp.*, representa una amenaza significativa para la producción sostenible de tilapia. Estas infecciones no solo afectan la salud y el crecimiento de los peces, sino que también tienen implicaciones económicas y ecológicas, especialmente en sistemas de cultivo intensivo y co-cultivo con otras especies como el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

La presencia de patógenos como *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* ha sido reconocida como un factor crítico que influye negativamente en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) en sistemas de acuicultura. Estos microorganismos, ampliamente distribuidos en ambientes acuáticos, pueden inducir infecciones tanto agudas como crónicas. Estas infecciones no solo comprometen la salud y la productividad de las poblaciones de Tilapia Negra, sino que también resultan en pérdidas económicas significativas para los productores debido a la reducción en la eficiencia de producción y aumento de la mortalidad de los peces afectados.

Las bacterias del género *Vibrio*, incluyendo *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* y *V. vulnificus*, son patógenos bien documentados en ambientes acuáticos y son conocidos por causar vibriosis, una enfermedad grave que puede llevar a altas tasas de mortalidad en peces y camarones. Por otro lado, *Pseudomonas spp.* también ha sido identificada como un patógeno oportunista en la tilapia, contribuyendo a la morbilidad y mortalidad en cultivos acuícolas. La transmisión de estas bacterias a través de la columna de agua aumenta el riesgo de propagación de enfermedades en sistemas de cultivo donde múltiples especies comparten el mismo hábitat acuático.

La gravedad de este desafío se intensifica debido a la necesidad de implementar tratamientos terapéuticos-farmacológicos intensivos, lo que no solo incrementa significativamente los costos de producción, sino que también suscita preocupaciones críticas sobre el desarrollo de resistencia antimicrobiana y la seguridad alimentaria. Desde una perspectiva ambiental, el combate a las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio* frecuentemente requiere el uso de

tratamientos químicos, los cuales pueden tener efectos negativos sobre la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos locales. La liberación de peces infectados en estos ambientes puede incrementar la carga de patógenos, afectando la biodiversidad y planteando serias inquietudes sobre la sostenibilidad a largo plazo de las prácticas acuícolas. Estas acciones no solo pueden deteriorar la calidad del entorno acuático, sino también poner en riesgo las especies nativas y alterar los equilibrios ecológicos fundamentales.

El presente estudio postula que las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* tienen un efecto negativo significativo en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra. Asimismo, se anticipa que la implementación de tratamientos específicos reducirá la carga patógena y mejorará los resultados de salud de los peces infectados. Este estudio, por lo tanto, busca contribuir al desarrollo de prácticas de manejo sostenible en la acuicultura, abordando tanto la prevención como el control de enfermedades infecciosas, y asegurando la producción segura y eficiente de Tilapia Negra.

Este estudio no solo se presenta como una contribución al conocimiento científico en el campo de la acuicultura, sino también como una herramienta valiosa para los productores que buscan mejorar la gestión de enfermedades en sus instalaciones. Al lograr una comprensión integral de la respuesta de la Tilapia Negra a la infección por *Pseudomonas* y *Vibrios*, este estudio aspira a proporcionar una base sólida para el desarrollo de prácticas acuícolas más resilientes, sostenibles y económicamente viables en el contexto de la producción de alimentos acuáticos.

Este enfoque es crucial dado que las infecciones bacterianas no solo reducen el rendimiento productivo, sino que también pueden representar un riesgo de propagación de enfermedades a otras especies acuáticas, como los camarones, que a menudo coexisten en sistemas de acuicultura.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En ambientes acuáticos naturales, la tilapia negra es susceptible a infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* Estas bacterias pueden ser transmitidas a través de la columna de agua, facilitando la diseminación de enfermedades en sistemas de cultivo intensivo y co-cultivo. La incidencia de estas infecciones en el cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) es de particular preocupación, ya que ambos organismos comparten el mismo medio acuático. La capacidad de estas bacterias para persistir y multiplicarse en la columna de agua aumenta el riesgo de brotes de enfermedades, afectando la producción y la rentabilidad de los cultivos acuícolas.

La infección por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* tiene un impacto directo en el crecimiento y la sobrevivencia de la tilapia negra. Estas bacterias pueden causar lesiones en la piel, septicemia y fallo multiorgánico, resultando en una disminución significativa en la tasa de crecimiento y un aumento en la mortalidad. Evaluar el impacto de estas infecciones es crucial para desarrollar estrategias efectivas de manejo y control que mejoren la salud y el rendimiento de los peces en sistemas de cultivo. Además, comprender la respuesta de la tilapia negra a estas infecciones puede proporcionar información valiosa para la implementación de medidas preventivas y de tratamiento que mitiguen el impacto de estas enfermedades en la acuicultura.

En este contexto, la falta de una comprensión profunda de los mecanismos biológicos que gobiernan la interacción entre la Tilapia Negra y estas bacterias limita la capacidad de los productores para implementar estrategias efectivas de prevención y control. Abordar esta problemática es esencial no solo para preservar la viabilidad económica de la acuicultura, sino también para garantizar prácticas sostenibles y ambientalmente responsables en la producción de alimentos acuáticos.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación sobre el impacto de las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* en la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) bajo condiciones controladas de laboratorio es de vital importancia tanto para el avance del conocimiento científico como para la práctica de la acuicultura sostenible. Estas infecciones representan un desafío significativo para la salud y el rendimiento productivo de los cultivos de tilapia, debido a su capacidad para causar enfermedades agudas y crónicas que resultan en disminución del crecimiento y aumento de la mortalidad. Además, estas bacterias tienen el potencial de propagarse a través del agua, afectando a otras especies acuáticas, como el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), que coexisten en los mismos sistemas de cultivo.

La justificación de este estudio radica en la necesidad urgente de desarrollar estrategias efectivas de manejo y control para mitigar los efectos negativos de estas infecciones bacterianas. Los tratamientos terapéuticos-farmacológicos intensivos, a menudo utilizados para combatir estas infecciones, pueden incrementar los costos de producción y plantear riesgos de resistencia antimicrobiana, lo cual es una preocupación creciente en la seguridad alimentaria. Además, la aplicación de tratamientos químicos puede tener consecuencias adversas para la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos, comprometiendo la sostenibilidad ambiental de las prácticas acuícolas.

Evaluar el impacto de las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* en la Tilapia Negra es esencial para desarrollar prácticas acuícolas que no solo mejoren la salud y el rendimiento de los peces, sino que también minimicen los riesgos ecológicos asociados. La identificación y caracterización de estas infecciones, junto con la implementación de tratamientos específicos, proporcionarán una base sólida para la toma de decisiones informadas en la gestión de enfermedades. Este estudio no solo beneficiará a los productores al proporcionar soluciones prácticas y económicamente viables, sino que también contribuirá a la conservación de la biodiversidad y la calidad ambiental de los sistemas acuáticos.

Además, comprender la respuesta de la Tilapia Negra a estos patógenos es crucial para evitar la propagación de enfermedades a otras especies acuáticas en sistemas de co-cultivo, como el camarón blanco. Esto es particularmente relevante en el contexto de la acuicultura intensiva, donde la proximidad y el intercambio de agua entre diferentes especies pueden facilitar la transmisión de patógenos. Por lo tanto, esta investigación no solo busca mejorar las prácticas

de manejo en la producción de tilapia, sino también asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la acuicultura como un componente esencial de la seguridad alimentaria global.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general:

Evaluar el impacto de las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrios* en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*), bajo condiciones controladas de laboratorio.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Determinar la tasa de crecimiento de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) infectadas con *Pseudomonas* y *Vibrios*, mediante mediciones regulares de peso y longitud corporal.
- Evaluar la tasa de supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) bajo condiciones de infección con *Pseudomonas* y *Vibrios*.
- Analizar el número y tipo de colonias bacterianas presentes en los organismos y en el agua de experimentación, mediante análisis microbiológicos.
- Definir la implementación de un tratamiento (biológico, químico) que permita la disminución de patógenos infecciosos.

1.5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio spp.* tienen un efecto negativo significativo en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) bajo condiciones controladas de laboratorio. Además, se espera que la implementación de tratamientos específicos, ya sean biológicos o químicos, pueda reducir la carga de patógenos y mejorar los resultados de salud en los peces infectados.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La producción mundial de tilapia es un sector de la acuicultura que ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, convirtiéndose en una fuente importante de alimentos y generación de ingresos en numerosos países alrededor del mundo. La tilapia, un pez de agua dulce originario de África, ha ganado popularidad debido a su rápido crecimiento, alta tasa de reproducción y capacidad para adaptarse a una variedad de entornos de cultivo (Baltazar y otros, 2014).

China es el líder indiscutible en la producción mundial de tilapia, seguido de cerca por otros países como Indonesia, Filipinas, Tailandia y Egipto. Estos países tienen condiciones climáticas y recursos hídricos adecuados para el cultivo de tilapia en gran escala. La mayoría de la producción de tilapia proviene de la acuicultura, donde se cría en estanques, jaulas flotantes, sistemas de recirculación de agua y otros sistemas de cultivo (Alvia & Idrovo, 2016).

La tilapia es una especie versátil que puede prosperar en una variedad de entornos, desde climas tropicales hasta templados. Es conocida por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de agua y su tolerancia a fluctuaciones en la temperatura, la calidad del agua y los niveles de oxígeno. Esta resistencia la hace adecuada para la cría en una amplia gama de sistemas de producción, lo que contribuye a su popularidad a nivel mundial (Verdezoto, 2017).

Una de las características más destacadas de la tilapia es su rápido crecimiento. Bajo condiciones óptimas, las tilapias pueden alcanzar tamaños de mercado en un período relativamente corto, generalmente entre 6 meses y 1 año, dependiendo de la especie y las prácticas de cultivo. Esta rápida tasa de crecimiento la convierte en una opción atractiva para la producción acuícola, ya que permite un rápido retorno de la inversión (Saavedra, 2006).

La tilapia es un pez omnívoro que se alimenta principalmente de plantas acuáticas, algas y pequeños organismos. En la acuicultura, se les suministra una dieta balanceada que puede incluir alimentos comerciales, granos y subproductos agrícolas. Esto hace que la tilapia sea una opción rentable para la producción de alimentos, ya que puede aprovechar una variedad de recursos alimenticios disponibles en diferentes regiones (Martínez & Valle, 2021).

Además de su importancia como fuente de alimento, la producción de tilapia también tiene un impacto significativo en la economía de muchos países. Genera empleo en la industria acuícola, tanto en la producción como en la comercialización, y contribuye a las ganancias de exportación

en aquellos países que exportan tilapia a mercados internacionales como Estados Unidos, la Unión Europea y otros (Molina & Jiménez, 2010).

A medida que la demanda de tilapia continúa creciendo, hay un enfoque creciente en prácticas de cultivo sostenibles para garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria. Esto incluye el uso responsable de recursos naturales, la minimización de impactos ambientales y el cumplimiento de estándares de calidad.

2.1. Cultivo de Tilapia en el Ecuador

El cultivo de tilapia en Ecuador ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, convirtiéndose en una actividad importante para la economía del país. Ecuador, con su ubicación estratégica en la región ecuatorial y su abundancia de recursos hídricos, ofrece condiciones ideales para la producción de tilapia en sistemas de acuicultura.

La tilapia es una especie de pez de agua dulce que se ha adaptado bien a las condiciones ambientales de Ecuador. La acuicultura de tilapia se lleva a cabo en estanques, lagunas y reservorios, así como en sistemas de cultivo intensivo y semi-intensivo. Los principales centros de producción se encuentran en provincias como El Oro, Guayas, Los Ríos y Manabí, donde el clima cálido y los recursos hídricos son propicios para el cultivo de esta especie (Jácome y otros, 2019).

El Gobierno ecuatoriano ha promovido activamente el desarrollo de la acuicultura, incluido el cultivo de tilapia, como una estrategia para impulsar la seguridad alimentaria y diversificar la economía. Se han implementado políticas y programas de apoyo para fomentar la inversión en el sector acuícola y mejorar las prácticas de producción (Solano & Crespo, 2012).

Uno de los principales desafíos para el cultivo de tilapia en Ecuador ha sido la gestión sostenible de los recursos hídricos. La disponibilidad de agua de calidad es fundamental para el éxito de la acuicultura, y se han realizado esfuerzos para mejorar la gestión y conservación de los recursos hídricos, así como para minimizar los impactos ambientales de la producción acuícola (Ibujés, 2013).

Ecuador ha logrado posicionarse como un importante exportador de tilapia, especialmente hacia Estados Unidos y la Unión Europea. La tilapia ecuatoriana es valorada en los mercados internacionales por su calidad, sabor y frescura. Además de la exportación, la tilapia también se consume a nivel nacional, contribuyendo a la seguridad alimentaria y proporcionando una fuente de ingresos para los productores locales (Ordoñez, 2008).

El cultivo de tilapia en Ecuador ha generado empleo en las zonas rurales y ha brindado oportunidades económicas a comunidades que de otro modo podrían carecer de ellas. Los productores de tilapia, tanto grandes empresas como pequeños agricultores, han encontrado en esta actividad una alternativa rentable para diversificar sus ingresos y mejorar su calidad de vida (Murillo, 2022).

En términos de desafíos futuros, el cultivo de tilapia en Ecuador enfrenta la necesidad de seguir mejorando las prácticas de producción, especialmente en lo que respecta a la gestión ambiental y la sostenibilidad. Esto incluye el desarrollo de sistemas de cultivo más eficientes y ecológicos, la promoción de buenas prácticas de manejo y el fortalecimiento de la cadena de valor para garantizar la competitividad en los mercados internacionales.

2.1.1. Biología de la tilapia

La tilapia es un pez de agua dulce, principalmente diurna, de climas tropicales que se caracteriza de manera general por su gran resistencia a las variaciones ambientales, su gran capacidad reproductora y gran facilidad de colonizar nuevos ambientes. Esta última característica junto a la gran utilización de esta especie en acuicultura la han convertido en una especie potencialmente invasora en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Canonico, Arthington, McCrary, & Thieme, 2005)

Figura 1. Tilapia (Oreochromis spp.)



Fuente: Los autores

2.1.2. Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía para la Tilapia

CATEGORÍA	CLASIFICACIÓN
Reino	Animalia
Filo	Vertebrata
Subfilo	Craneata
Clase	Teleostomi
Subclase	Actinopterygui
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Genero	Oreochromis
Especie	<i>Oreochromis spp.</i>

Fuente: (FAO, 2023)

2.1.3. Morfología externa

Las tilapias, presentan un cuerpo robusto, comprimido lateralmente, a menudo discoidal; en algunas especies los machos presentan la cabeza más grande que la hembra. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza. Sus aletas dorsal y anal son cortas y presentan espinas y radios; la aleta caudal es redondeada.

La piel está cubierta de escamas, y tienen una línea lateral interrumpida en dos partes; la parte superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, la parte inferior se encuentra por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal (Santibáñez, 2017).

2.1.4. Hábitos alimenticios

Para determinar los hábitos alimenticios de la tilapia, se deben considerar varios factores, como el tipo de especie, el fotoperíodo y la profundidad del agua. Aunque la tilapia generalmente se clasifica como una especie herbívora debido a su consumo de plancton y plantas acuáticas, su apetito la lleva a alimentarse también de otras fuentes de proteína. Por lo tanto, tiene la capacidad de consumir dietas balanceadas suministradas en cultivos en estanques de tilapia (Avila & Honores, 2023).

Los alevines y juveniles de tilapia son 100% omnívoros. Se alimentan principalmente de algas microscópicas, pequeños animales, insectos y crustáceos que habitan la columna de agua de los estanques de cultivo. También consumen detritos y zoobentos. Todos estos son componentes naturales de los ecosistemas que se encuentran en equilibrio (Jiménez-Montealegre, Verdegem, Zamora, & Verreth, 2002)

2.1.5. Hábitat de la Tilapia

La tilapia habita en una gran variedad de hábitats acuáticos tal como ríos, lagos, charcas, riachuelos, canales de ríos y pozos naturales. Sin embargo se ha comprobado que es capaz de vivir en cualquier cuerpo de agua que le ofrezca alimento suficiente y unas mínimas condiciones del agua (Welcomme, 1964)

2.1.6. Salinidad

La tilapia tiene la notable capacidad de tolerar variaciones en la salinidad, lo que lo convierte en una especie generalmente reconocida como dulceacuícola. Esta característica lo hace de gran interés para la acuicultura, lo que llevó a su introducción en América con fines de cultivo. Su capacidad para resistir condiciones adversas y desarrollarse con normalidad ha sido destacada (Ibarra, 2019).

Aun siendo una especie de agua dulce, habita y coloniza con éxito aguas salobres tolerando de 0 a 30 ppm. Asimismo, resiste a grandes variaciones de temperatura que pueden oscilar de los 8 a los 41 °C. Su hábitat originario en cuencas y ríos del norte de África y Oeste Asiático se caracteriza por aguas con levado contenido en materia orgánica, elevada turbidez y donde hay abundancia de algas y plantas acuáticas (Oviedo y otros, 2013).

Entre sus depredadores potenciales se encuentran una gran variedad de aves acuáticas: cigüeñas, garzas u águilas, también reptiles como, serpientes y cocodrilos y mamíferos como nutrias y gatos silvestres.

2.2. Calidad de Agua

La calidad del agua es un factor crucial en la acuicultura, ya que afecta significativamente la producción en los estanques de cultivo. Diversos factores fisicoquímicos, como la temperatura, los gases disueltos, los nutrientes, la salinidad y el total de sólidos disueltos, influyen tanto directa como indirectamente en la calidad del agua. Esta calidad, a su vez, es determinante para el desarrollo y la supervivencia de los organismos en cultivo. Por lo tanto, es fundamental mantener un ambiente acuático saludable y equilibrado en términos nutricionales para asegurar

el bienestar y crecimiento óptimo de los organismos acuáticos cultivados (Boyd, Tucker, & Somridhivej, 2016)

(García-González, Osorio-Ortega, Saquicela-Rojas, & Cadme, 2021) definen la calidad del agua como el conjunto de variables químicas disueltas, como el Potencial de Hidrógeno (pH) y el Nitrógeno Amoniacal Total (TAN), así como las condiciones físicas, que incluyen la temperatura y los sólidos disueltos totales. Estos parámetros combinados determinan lo que se entiende por calidad del agua, la cual varía según la ubicación geográfica de los sistemas de tratamiento de aguas en las granjas acuícolas. Esta calidad está estrechamente relacionada con factores como la densidad de siembra, el tipo de alimento utilizado para el camarón y los insumos aplicados para su desarrollo. Para evaluar la calidad del agua, se utilizan diversos equipos de laboratorio, tales como espectrofotómetros, multiparámetros digitales y kits colorimétricos, entre otros.

La degradación de la calidad del agua debido a los residuos de alimentos y excrementos es uno de los principales desafíos en los sistemas de producción acuícola. Diversas investigaciones subrayan la importancia de mantener una buena calidad del agua mediante el uso de cepas microbianas capaces de realizar biorremediación. Estas cepas no solo aseguran el bienestar de los organismos cultivados y, por ende, la salud del cultivo en general, sino que también participan en la conversión de materia orgánica en CO₂ y en la reducción de compuestos nitrogenados, como el amonio y el nitrito, a través de bacterias nitrificantes. Los géneros de bacterias más destacados en acuicultura para estos propósitos incluyen *Bacillus*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, *Cellulomonas* y *Lactobacillus* (Velmurugan & Rajagopal, 2009)

La calidad deficiente del agua en sistemas acuícolas tiene consecuencias adversas significativas, como el crecimiento reducido de los organismos cultivados, una menor producción, la aparición de enfermedades y, en casos extremos, la mortalidad masiva. Además, el vertido de estas aguas contaminadas en cuerpos receptores externos conlleva una degradación ambiental grave (Venkateswarlu, Seshaiyah, Arun, & Behra, 2019)

Es fundamental reconocer que la acuicultura intensiva enfrenta numerosos desafíos relacionados con el control de la calidad del agua, la bioseguridad, el uso de tierras y recursos hídricos, la producción libre de enfermedades, así como la rentabilidad y la sostenibilidad ambiental y ecológica (Lim et al., 2021). Estos aspectos son críticos para asegurar la viabilidad a largo plazo de la industria acuícola y la protección de los ecosistemas circundantes. La implementación de prácticas de gestión adecuadas y la adopción de tecnologías sostenibles son

esenciales para mitigar estos problemas y promover una acuicultura más responsable y ecológicamente equilibrada.

2.2.1. Temperatura

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden ocasionar fluctuaciones en la temperatura del agua. El rango óptimo es de 28-32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, las temperaturas letales se ubican entre los 10 y 11°C. Cuando la temperatura es mayor a 30°C los peces consumen más oxígeno (Valenzuela y otros, 2017).

2.2.2. Turbidez

La turbidez es originada por las partículas que por su tamaño se encuentran en suspensión y reducen la transparencia del agua como pueden ser arcillas, tierra finamente dividida y otros coloides orgánicos.

La existencia de sustancias en suspensión, como la arcilla, los limos, los coloides orgánicos, el plancton y los organismos microscópicos, es responsable de la opacidad en el agua. Estas partículas, que varían en tamaño desde 10 mm hasta 0,1 mm, pueden clasificarse en tres grupos: minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas (Lozano, 2018).

2.2.3. Potencial hidrogeno (pH)

Es una variable fundamental que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. El pH interviene en la calidad del agua, determinando si un cuerpo de agua es dura o blanda, es decir, evalúa los niveles de carbonatos presentes para el desarrollo del cultivo de una especie acuícola. El crecimiento de tilapia se reduce en aguas ácidas, toleran un pH de 5 y hasta 11, sin embargo, los valores óptimos son de 6.5 a 9 (Madrid y otros, 2022).

El pH se define como el negativo del logaritmo o el recíproco del logaritmo de la actividad del ion hidrógeno en una disolución acuosa o en otro disolvente especificado. En procedimientos de tratamiento de agua como la coagulación, la desinfección con cloro, el ablandamiento y el control de corrosión, el valor del pH juega un papel crucial.

Su medición se emplea ampliamente para indicar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una disolución y como un marcador de la acidez de una sustancia. El pH está determinado por la concentración de iones hidrógeno (H^+) libres en una sustancia (Manahan, 2007).

Si se observa un aumento del pH durante el día, se recomienda la utilización de melaza u otros carbohidratos de fácil digestión para favorecer el crecimiento de microorganismos que consumen estos nutrientes. Estas bacterias desempeñan un papel en la regulación del pH al transformar el CO_2 , lo que ayuda a disminuir sus niveles (Carvajal, 2014).

2.2.4. Oxígeno

La concentración de oxígeno disuelto en el agua se mide comúnmente en ppm o mg/L. La capacidad del agua para disolver oxígeno varía con la temperatura, siendo menor a temperaturas más altas. Es importante destacar que los niveles de oxígeno disuelto (OD) son un factor crucial para la calidad del agua en ambientes acuáticos. Por lo general, la medición de OD se realiza dos veces al día, una vez en la mañana y otra por la tarde. En los estanques de cultivo, este oxígeno proviene del agua fresca que se introduce (Paredes & Rodríguez, 2020)

Cuando la cantidad de agua disminuye, también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de éste por los seres vivos acuáticos aumenta por 9 unidades de volumen. La temperatura está inversamente relacionada con el oxígeno, por lo que en épocas con mayor temperatura es importante monitorearlo. En el Cultivo de tilapia es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5 ppm. (Intagri, 2019).

2.2.5. TAN

En los sistemas de cultivo intensivos, se ha observado que los niveles de nitrógeno amoniacal total (TAN), que incluyen tanto el amoníaco ionizado como el no ionizado, pueden alcanzar concentraciones de hasta 4 mg/L (Sesuk, Powtongsook, & Nootong, 2009). El crecimiento de microorganismos heterótrofos, que son capaces de descomponer la materia orgánica generada en el sistema, favorece el desarrollo de organismos de niveles tróficos superiores. Los consorcios microbianos ricos en bacterias heterótrofas tienen la capacidad de eliminar mayores cantidades de nitrógeno amoniacal. Se ha demostrado que la formación de bioflóculos ayuda a mantener los niveles de compuestos tóxicos dentro de los límites recomendados para la cría de camarón blanco (Martínez-Córdova, Emerenciano, Miranda-Baeza, & Martínez-Porchas, 2015)

2.2.6. N-NH₃ - N-NH₄⁺

El amoníaco es uno de los principales subproductos del metabolismo en sistemas de acuicultura. En los estanques de cultivo, el amoníaco puede presentarse en dos formas químicas: la forma no ionizada (N-NH₃) y la forma ionizada (N-NH₄⁺). La proporción de estas dos formas depende de varios factores, incluyendo el pH y la temperatura del agua. La forma no ionizada es particularmente tóxica para los organismos acuáticos, ya que puede atravesar fácilmente las membranas biológicas y causar daños celulares. A medida que el pH del agua aumenta, la proporción de N-NH₃ también aumenta, lo que puede resultar en niveles tóxicos que afectan negativamente la salud de los camarones y otros organismos acuáticos. La gestión adecuada de los niveles de amoníaco en los sistemas de cultivo es crucial para mantener un ambiente saludable y prevenir problemas de crecimiento y mortalidad en los camarones (Boyd C. , 2020)

Estudios han demostrado que la acumulación de amoníaco puede ser mitigada mediante la implementación de sistemas de biofloc y el manejo adecuado de la calidad del agua, lo cual ayuda a mantener la concentración de este compuesto dentro de los límites seguros (Martínez-Córdova et al., 2015; Sesuk et al., 2009). Estos enfoques no solo contribuyen a la reducción de la toxicidad, sino que también favorecen un ambiente más equilibrado para el crecimiento óptimo de los camarones y otros organismos en el ecosistema acuático.

2.3. Patologías bacterianas contemporáneas de relevancia crítica en la acuicultura.

La tilapia es susceptible a infecciones por diversas bacterias, tales como las pertenecientes a los géneros *Vibrio*, *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Streptococcus*. Algunas de estas bacterias también pueden encontrarse en individuos saludables, incluyendo las del género *Plesiomonas*. Comúnmente, los trastornos bacterianos en peces son el resultado de factores estresantes ambientales, como la deficiente calidad del agua, lo que facilita que patógenos oportunistas como *Aeromonas hydrophila* causen enfermedades. Es más, la patología bacteriana en peces suele tener causas múltiples y complejas. Comprender y tratar estas enfermedades exige considerar estos múltiples factores (M. Haenen, y otros, 2023).

Entre las patologías bacterianas críticas en tilapia que afectan tanto a la salud piscícola como a la economía y sociedad se incluyen la estreptococosis, la aeromonas, la franciselosis, la enfermedad columnaris y la vibriosis. La tarea de comparar el impacto económico de las enfermedades bacterianas en la acuicultura de tilapia frente a otras especies es complicada, pues varía según el valor de las especies, el tipo de sistema de cultivo, el país y la moneda utilizada. Aunque una comparación porcentual del volumen de producción acuícola perdida sería ideal,

la falta de datos coherentes y completos dificulta tales análisis comparativos entre diferentes estudios, países, especies y sistemas de producción (M. Haenen, y otros, 2023).

Efectos de la infección por *Pseudomonas* sobre el crecimiento y la supervivencia de la tilapia negra, Los estudios han demostrado que la infección por *Pseudomonas* puede provocar tasas de crecimiento reducidas, mayor mortalidad y respuestas inmunes comprometidas en la tilapia negra. El debate dentro de este tema gira en torno a los mecanismos por los cuales *Pseudomonas* afecta a los peces y las posibles estrategias de mitigación (Austin & Austin, 2007).

(Rico, Oliveira, McDonough, Matos, & Carvalho, 2012) nos dicen que al evaluar el efecto de la temperatura sobre el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cuando es expuesta a una infección por *Streptococcus agalactiae*, demostró que un incremento en la temperatura ambiental está correlacionado con un aumento en las tasas de mortalidad y una reducción en el crecimiento de los peces infectados. Estos hallazgos sugieren que la temperatura desempeña un rol crítico en la vulnerabilidad de la Tilapia del Nilo frente a la infección por *Streptococcus agalactiae*. Específicamente, se observó que condiciones térmicas elevadas intensifican los impactos adversos sobre el crecimiento y la supervivencia de la especie estudiada, lo cual subraya la necesidad de considerar la gestión térmica en los sistemas de cultivo de tilapia para mitigar los efectos deletéreos de patógenos como el *Streptococcus agalactiae*.

(Álvarez-Pellitero & Sitjà-Bobadilla, 1993) nos indican que se analizaron los cambios patológicos en doradas (*Sparus aurata*) infectadas con *Vibrio alginolyticus*. Los resultados indicaron que la infección bacteriana ocasionó alteraciones significativas en los tejidos, destacando daños notables en el hígado y el bazo. Las conclusiones del estudio resaltan que *Vibrio alginolyticus* induce cambios patológicos severos en doradas, lo cual subraya la necesidad de profundizar en el entendimiento del impacto de las especies de *Vibrio* en la salud piscícola. Este conocimiento es crucial para el desarrollo de estrategias eficaces de prevención y tratamiento de enfermedades relacionadas con *Vibrio* en poblaciones de peces.

(Austin & Austin, Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish, 2010) nos dicen que al estudiar las implicaciones de las infecciones por *Vibrios* en el crecimiento y la supervivencia de la tilapia negra, subrayando cómo estos patógenos pueden incrementar significativamente las tasas de mortalidad y comprometer el desarrollo de esta especie. La discusión se profundiza en la identificación de diversas especies de *Vibrios* que representan un riesgo para los peces, examinando sus factores de virulencia y explorando intervenciones

potenciales que podrían fortalecer la resiliencia de los peces frente a estas amenazas. Además se proporciona una revisión exhaustiva sobre los patógenos bacterianos que afectan a las especies de peces, tanto en entornos de cultivo como en hábitats silvestres, poniendo especial énfasis en el rol de los *Vibrios* como agentes patógenos. Se analiza el impacto de las infecciones bacterianas en la salud de los peces y en las operaciones acuícolas, resaltando la necesidad de implementar estrategias eficaces de manejo de enfermedades para mitigar los efectos adversos en las poblaciones de peces.

(Liu & Zhou, 2019) nos indican en su estudio que al evaluar cómo las infecciones por *Pseudomonas* y *Vibrio* impactan la microbiota intestinal de la Tilapia Negra, evidenciando que dichas infecciones alteran la composición de la microbiota, lo cual puede comprometer la salud general y la función inmunológica de los peces. El análisis demuestra la relación significativa entre las infecciones bacterianas y la alteración de la microbiota intestinal, subrayando cómo estos cambios pueden afectar adversamente la salud y las respuestas inmunitarias de la Tilapia Negra. Las conclusiones enfatizan la necesidad de entender estas interacciones para desarrollar intervenciones eficaces que reduzcan el impacto negativo de las enfermedades bacterianas en la acuicultura.

2.3.1. Pseudomonas

Las especies de *Pseudomonas* son bacilos gramnegativos aeróbicos móviles que pertenecen al orden Pseudomonadales. Aunque la mayoría de las especies de *Pseudomonas* no son patógenas, ciertas cepas pueden inducir enfermedades significativas en los peces. En particular, *Pseudomonas anguilliseptica* se identifica como altamente patógena, especialmente para las anguilas japonesas y europeas, causando la enfermedad conocida como "mancha roja" o 'Sekiten byo' (Haenen & Davidse, 2001).

Este patógeno también ha sido aislado en tilapias enfermas, en conjunto con *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida* y *Pseudomonas aeruginosa*. Estos peces afectados por la septicemia de *Pseudomonas* manifiestan síntomas clínicos graves, incluyendo enrojecimiento corporal generalizado, hinchazón abdominal, opacidad ocular, pérdida de escamas y congestión branquial (M. Haenen, y otros, 2023).

Además, investigaciones adicionales han documentado que *Pseudomonas anguilliseptica* provoca una enfermedad severa en la Tilapia del Nilo, evidenciada por anorexia, oscurecimiento de la piel, hemorragias petequiales en el cuerpo y en la base de las aletas, escamas desprendidas, aletas erosionadas y en posición erecta. Algunos individuos incluso

presentaron distensión abdominal leve, exoftalmia y decoloración de las branquias. Durante las autopsias, se observó un notable agrandamiento de los riñones y el bazo. Estos hallazgos subrayan la necesidad de estudios más profundos y medidas de control eficaces para mitigar los impactos de las infecciones por *Pseudomonas* en poblaciones de peces cultivados (Mosharraf Hossain & Rashid Chowdhury, 2009).

Pseudomonas fluorescens es comúnmente reconocida como un patógeno oportunista en la tilapia (*Oreochromis spp.*), especialmente bajo condiciones ambientales adversas. Miyazaki et al. documentaron un brote de *Pseudomonas fluorescens* en Tilapia del Nilo en Japón, donde los peces afectados exhibieron síntomas graves como exoftalmia, oscurecimiento de la piel, lesiones hepáticas, esplénicas, renales y branquiales, así como inflamación de la vejiga natatoria. Además, se observaron abscesos y necrosis en varios órganos internos mediante análisis histopatológicos. Este estudio también reportó la presencia de granulomas en todas las áreas afectadas (Miyasaki, Kubota, & Miyashita, 1984)

Se ha identificado a *Pseudomonas aeruginosa* en casos de enfermedad en tilapia cultivada (*O. niloticus*), aunque no se le considera un patógeno primario para esta especie. A nivel global, las infecciones por *Pseudomonas* son comunes en ambientes acuáticos y terrestres, con reportes específicos de *Pseudomonas fluorescens* en varios países, y *Pseudomonas mosselii* como patógeno en tilapia de Mozambique en México (Soto-Rodriguez, Cabanillas-Ramos, Alcaraz, Gomez-Gil, & Romalde, 2013)

Se ha encontrado que *Pseudomonas anguilliseptica* es susceptible a varios antibióticos y extractos de cianobacterias. Investigaciones adicionales han mostrado la efectividad de la ciprofloxacina y extractos de *Anabaena wisconsinense* en el tratamiento de septicemias por *pseudomonas*. Además, se ha probado con éxito una nanoemulsión de aceite de cal tanto in vitro como in vivo contra la infección por *Pseudomonas aeruginosa* en tilapia (Hossain M.M. & Chowdhury M., 2009)

2.3.2. Vibriosis

La vibriosis en peces, una enfermedad sistémica desencadenada por diversas especies del género *Vibrio* tales como *V. harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. anguillarum* y *V. vulnificus*, representa una amenaza significativa en entornos acuáticos, tanto marinos como estuarinos. Estas bacterias gramnegativas y oxidasa-positivas, que poseen flagelos polares, pueden causar septicemia aguda que a menudo resulta fatal, especialmente en organismos

inmunocomprometidos. La incidencia de vibriosis varía según el huésped y la cepa bacteriana específica, evidenciando la complejidad de sus manifestaciones clínicas.

Particularmente en la acuicultura marina y salobre, la tilapia se encuentra entre las especies más vulnerables a esta infección. *Vibrio vulnificus*, especialmente el patovar piscis (*pv. piscis*, antes conocido como Biotipo 2), se ha identificado como el agente patógeno predominante en estos entornos, causante de la vibriosis de aguas cálidas (WWV). Este patovar es distintivo por poseer un plásmido de virulencia específico para peces (pFv), y se clasifica en diversos clados o serovares como Ser E y el recientemente identificado Ser T, sugiriendo un notable potencial zoonótico.

Investigaciones han documentado brotes de *V. vulnificus* en diversas regiones, incluyendo Japón, Taiwán, Bangladesh, India y zonas del Mediterráneo oriental. Los síntomas en peces infectados abarcan desde coloración oscura y hemorragias externas hasta exoftalmia y úlceras cutáneas. A nivel interno, los análisis revelan patologías como hepatoesplenomegalia con lesiones hemorrágicas y cerebros edematosos. Asimismo, se han realizado estudios experimentales que involucran la exposición de tilapia del Nilo a cepas virulentas, induciendo infecciones y enfermedades, lo que subraya la criticidad de desarrollar estrategias robustas de prevención y control para mitigar el impacto de la vibriosis en la acuicultura. Fig. 2.

Figura 2. Septicemia caracterizada por hemorragias en (a) la boca, la cabeza y las aletas y en (b) el intestino, la cavidad abdominal y los músculos



Fuente: Dr. B. Fouz (M. Haenen, y otros, 2023)

Según Dutan Pineda (2022), la presencia de Vibrios en las entradas de agua de las granjas acuícolas de la provincia de El Oro muestra fluctuaciones estacionales marcadas. En los meses de invierno, la carga bacteriana alcanza hasta 1015 UFC/ml, lo que contrasta con los 760 UFC/ml observados durante el verano. Respecto a la distribución de especies, *Vibrio alginolyticus* es más prevalente, constituyendo el 47.4% en invierno y aumentando al 75% en verano. Por otro lado, *Vibrio parahaemolyticus* representa el 31.6% en invierno y disminuye al 25% en verano, indicando una mayor dispersión de estas bacterias en el ambiente acuático durante el invierno en comparación con el verano.

De igual manera, en la conferencia disertada en la EXPOACUÍCOLA EL ORO 2024 cuyo tema fue “Mapeo de los Problemas Sanitarios en el Archipiélago de Jambelí (Vibrios, camarón flaco y disparidad de tallas)”, se expuso que en nuestro país todas las aguas servidas deberían ser tratadas por ley. Esto consta en el Texto unificado de legislación ambiental TULAS, donde se especifican los parámetros de descarga (bastante bajos en comparación a estándares europeos) para DBO, DQO, SST, nitrógeno total, Fósforo entre otros parámetros (Galarza-Mora & Brito-Alvarado, 2024).

Pero en la realidad esta normativa ha sido obviada por los municipios. La mayoría de las ciudades no cuenta con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ni tampoco con alcantarillados separados para aguas servidas y aguas de lluvia, lo que dificulta aún más el tratamiento de agua. Lo cual lleva a una contaminación constante del agua que es utilizada en los distintos sistemas de producción acuícola.

Los análisis microbiológicos muestran una alta carga de colonias bacterianas en los hepatopáncreas y cuerpos de los camarones, especialmente en sectores como Bellavista y Las Casitas, lo que sugiere una fuerte presencia de bacterias patógenas como *Vibrio spp.* La detección de *Vibrio parahaemolyticus*, aunque no patogénico, indica la necesidad de monitoreo constante y medidas preventivas. Anexo 1.

La variabilidad en la cantidad de colonias y la materia orgánica en el lodo entre los sectores indica diferencias significativas en la gestión de residuos. Sectores como Dos Bocas muestran altos niveles de materia orgánica, lo que puede estar relacionado con la acumulación de desechos orgánicos y una mayor actividad bacteriana. Anexo 2.

La contaminación de los ecosistemas marino-costeros en el Archipiélago de Jambelí es una preocupación significativa, especialmente debido a la alta carga bacteriana (alta carga de

materia orgánica) y la presencia de patógenos en los camarones (Galarza-Mora & Brito-Alvarado, 2024)

2.3.3. Tilapia Negra infectada con *Pseudomonas* y *Vibrios* en el ambiente natural y sus implicaciones en el cultivo de *L. vannamei*

(Austin & Austin, *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*, 2010) indica que la mayor parte de la investigación en esta área se centra en la identificación de los agentes etiológicos, sus mecanismos de transmisión y el impacto en la salud de los peces y las prácticas acuícolas. Los estudios han demostrado que *Pseudomonas* y *Vibrios*, particularmente *V. Parahaemolyticus*, *V. Alginolyticus* y *V. Vulnificus*, son patógenos importantes que afectan a las poblaciones de tilapia negra en ambientes naturales. Estas bacterias se encuentran comúnmente en fuentes de agua y pueden infectar fácilmente a los peces, provocando mortalidad y tasas de crecimiento reducidas. La literatura analiza la importancia de monitorear y controlar estas infecciones para prevenir pérdidas económicas en los sistemas acuícolas.

(Austin & Austin, *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*, 2016) indican que este estudio aborda la prevalencia de *Pseudomonas* y diversas especies de *Vibrio* en poblaciones de Tilapia Negra en entornos naturales, observando que las tasas de prevalencia de estos patógenos acuáticos varían, subrayando los riesgos significativos que representan para la acuicultura de especies como *Litopenaeus vannamei*. Además, examina de manera exhaustiva los patógenos bacterianos que impactan a los peces tanto en sistemas de cultivo como en hábitats silvestres, abarcando aspectos de epidemiología, patogénesis, diagnóstico y estrategias de control de estos organismos. Las conclusiones resaltan la necesidad crítica de entender la biología y ecología de las bacterias patógenas para implementar medidas de prevención y control efectivas que mitiguen los brotes de enfermedades en ambientes acuícolas.

(Hadi, Yusoff, Shariff, & Shariff, 2015) nos indican en su investigación se centró en la detección de especies de *Vibrio* en tilapias negras cultivadas y en su medio ambiente en la península de Malasia. Los resultados revelaron una prevalencia significativa de estas especies tanto en las muestras de peces como en las de agua, resaltando así el riesgo de infección dentro de los entornos acuícolas. El hallazgo clave de esta investigación es la presencia habitual de especies de *Vibrio* en la Tilapia Negra cultivada y en su entorno acuático en la península de Malasia. Esta situación plantea un riesgo considerable para la salud piscícola y para la viabilidad de las prácticas acuícolas en la región, subrayando la necesidad de estrategias eficaces para manejar y mitigar el impacto de estos patógenos en la acuicultura.

(Haifa-Haryani, y otros, 2022) nos señalan en su estudio que el *Vibrio* es la bacteria más comúnmente asociada con enfermedades en crustáceos. Los brotes de vibriosis representan una amenaza grave para la producción de camarones, por lo que los antibióticos se utilizan comúnmente como medidas preventivas y terapéuticas. Sin embargo, el uso inadecuado de antibióticos conduce a la resistencia antimicrobiana. A pesar de esto, la información sobre la ocurrencia de *Vibrio spp.* y el uso de antibióticos en camarones, particularmente en Malasia, es escasa. Este artículo tuvo como objetivo proporcionar información sobre la presencia de *Vibrio spp.*, su estado de resistencia a los antibióticos y los perfiles de plásmidos de *Vibrio spp.* aislados de camarones cultivados en la Península de Malasia.

Se aislaron y caracterizaron con éxito 13 especies diferentes de *Vibrio* utilizando el gen pyrH. Estas especies fueron: *V. parahaemolyticus* (55%), *V. communis* (9%), *V. campbellii* (8%), *V. owensii* (7%), *V. rotiferianus* (5%), *Vibrio spp.* (4%), *V. alginolyticus* (3%), *V. brasiliensis* (2%), *V. natriegens* (2%), *V. xuii* (1%), *V. harveyi* (1%), *V. hepatarius* (0.4%) y *P. damsela* (3%). Los perfiles de susceptibilidad a los antibióticos revelaron que todos los aislamientos eran resistentes a la penicilina G (100%), pero susceptibles a la norfloxacin (96%). Además, el 16% de los aislamientos mostró un índice de resistencia múltiple a los antibióticos (MAR) inferior a 0.2, mientras que el 84% fue superior a 0.2. Estos hallazgos respaldan el uso de datos de vigilancia sobre los patrones emergentes de resistencia antimicrobiana y perfiles de plásmidos de *Vibrio spp.* en granjas de camarones (Haifa-Haryani, y otros, 2022).

(Md. Yasin, y otros, 2019) nos dicen que la vibriosis es una de las enfermedades más comunes que causa una mortalidad masiva en camarones, peces y mariscos cultivados en Asia. La alta incidencia de vibriosis puede ocurrir tanto en criaderos como en instalaciones de engorde, siendo los juveniles más susceptibles a la enfermedad. Diversos factores, en particular la fuente de los peces, los factores ambientales como la calidad del agua y la gestión de las granjas, así como los factores de virulencia del *Vibrio*, influyen en su aparición. Los peces afectados muestran letargo, necrosis de la piel y apéndices que conduce a deformaciones corporales, crecimiento lento, licuefacción de órganos internos, ceguera, opacidad muscular y mortalidad.

La combinación de medidas de control, especialmente el uso de fuentes de peces libres de enfermedades, la bioseguridad en la granja, la mejora de la calidad del agua y otras medidas preventivas como la vacunación, puede ser eficaz para controlar la infección. Aunque algunas medidas de control son costosas y menos prácticas, la vacunación es efectiva, relativamente económica y fácil de implementar (Md. Yasin, y otros, 2019).

Las investigaciones sobre el cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*) ha explorado los efectos de las bacterias probióticas en el crecimiento y la supervivencia. Los estudios han demostrado que las cepas probióticas potenciales, incluyendo *Bacillus* y bacterias de ácido láctico, pueden mejorar el crecimiento de la tilapia cuando se agregan al alimento o al agua, incluso en condiciones de temperatura subóptimas (Apún Molina & J. Pablo, 2008); (Apún-Molina, Miranda, Luna-González, Martínez-Díaz, & Rojas-Contreras, 2009). Un probiótico biopreparado que contiene levadura *Saccharomyces* mejoró el crecimiento y la supervivencia de las larvas durante la inversión sexual (Lara Mantilla, Furnieles, Pérez, & Buelvas, 2016).

Diversas infecciones bacterianas en especies de peces, como la septicemia por *Aeromonas*, la *edwardsiellosis*, la *columnaris*, la *estreptococosis* y la *vibriosis*, han sido documentadas en el sector de la acuicultura. No obstante, solo algunos de estos patógenos son responsables de la mayoría de las pérdidas económicas globales en la producción acuícola. Entre los patógenos bacterianos más comunes en numerosas especies de peces que habitan en ambientes de agua dulce y tropical se encuentran las especies de *Aeromonas*, que causan hemorragias bacterianas en peces de cultivo. *Pseudomonas anguilliseptica* es un patógeno oportunista que afecta a diversas especies de peces en la acuicultura tanto marina como de agua salobre a nivel global. Inicialmente descrito como el agente causante de la enfermedad de la mancha roja en el cultivo de anguila japonesa, este patógeno ha sido posteriormente aislado en diferentes países a partir de diversas especies de peces, tanto cultivadas como silvestres (Irshath, Rajan, Vimal, Prabhakaran, & Ganesan, 2023)

Sin embargo, los cultivos de tilapia son susceptibles a varias bacterias patógenas, incluyendo *Aeromonas*, *Pseudomonas* y *Flavobacterium*, que pueden causar problemas de salud y pérdidas económicas (Z. Huicab-Pech et al., 2017). Los signos clínicos de infecciones bacterianas en tilapia pueden incluir sangrado de la piel, ulceración corporal y opacidad corneal. Estos hallazgos resaltan la importancia de implementar medidas preventivas y buenas prácticas de manejo en la acuicultura de tilapia para mitigar los riesgos de enfermedades y optimizar la producción.

2.3.4. Rol de los microorganismos en la calidad del agua y salud acuícola

Los microorganismos desempeñan un papel fundamental en la acuicultura. Según Bentzon-Tilia et al. (2016), en los ecosistemas naturales, estos microorganismos realizan diversas funciones, como la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, el suministro de alimento y la producción de sustancias protectoras que resguardan a los organismos de

patógenos potencialmente letales. Las comunidades microbianas sirven como indicadores clave de la calidad del agua; no obstante, es esencial comprender su función específica dentro del ecosistema acuícola, ya que algunos microorganismos pueden constituir una amenaza para la salud de los organismos cultivados.

Bentzon-Tilia et al. (2016) sugiere que el uso del microbioma acuícola como indicador del estado del sistema resulta valioso únicamente si puede funcionar como un sistema de alerta temprana. Para ello, es crucial identificar indicadores que reflejen la mala calidad del agua, lo que permitiría la detección de microorganismos no deseados, como algas productoras de toxinas, bacterias y virus. La caracterización del microbioma en la acuicultura abre la posibilidad de seleccionar comunidades microbianas beneficiosas o de introducir directamente en los sistemas ensamblajes microbianos previamente definidos. Ya existen enfoques para manipular la microbiota, entre los cuales destaca la acuicultura simbiótica.

En el entorno natural, los consorcios microbianos están compuestos por microorganismos autótrofos y heterótrofos. Muchos de estos microorganismos se emplean en ecosistemas acuícolas contaminados, participando en procesos metabólicos y descomponiendo la materia orgánica rica en nitrógeno y fósforo presente en el agua. Además, estos microorganismos se utilizan en el tratamiento de aguas residuales, y dependiendo del género bacteriano, pueden operar en ambientes tanto aerobios como anaerobios. Una de las principales ventajas de la microbiota es que su uso es de bajo costo, consume poca energía y es respetuoso con el medio ambiente (Anangón Méndez & Lloacana Bonilla, 2022).

2.3.5. Microorganismos: Factores clave en la sostenibilidad acuícola

Entre los microorganismos utilizados en la acuicultura se encuentran las bacterias aerobias, que consumen oxígeno y son organismos unicelulares de gran importancia en la degradación de amonio y nitrito, ambos compuestos nitrogenados. El proceso de nitrificación ocurre en dos etapas: las bacterias del género *Nitrosomonas* degradan el amoníaco (NH_3), mientras que las bacterias del género *Nitrobacter* se encargan de la degradación del nitrito (NO_2^-) disuelto en el agua. Por otro lado, las bacterias anaerobias desempeñan un papel crucial en la descomposición de compuestos nitrogenados, materia orgánica y sustancias disueltas en el agua, sin la necesidad de consumir oxígeno (Ortega Mendoza, 2020).

Adicionalmente, los microorganismos se clasifican según su rol y la fuente de energía (carbono) que requieren. En esta clasificación se incluyen los heterótrofos y autótrofos, siendo estos últimos capaces de transformar y adsorber nitrógeno y fósforo solubles. Las bacterias oxidantes

de amoníaco y las bacterias oxidantes de nitrito pertenecen al grupo de bacterias autótrofas (Jasmin et al., 2020). Por el contrario, las bacterias heterótrofas representan una alternativa poderosa para la conversión de compuestos nitrogenados, transformando el nitrógeno inorgánico, potencialmente tóxico, en nitrógeno orgánico, que es relativamente estable (Vinothkumar et al., 2021).

Tabla 2. Bacterias beneficiosas empleadas en sistemas acuícolas

Tipo de bacterias	Rol o función
<i>Bacillus sp.</i>	Mineralización y desnaturalización de proteínas y amonio
<i>Lactobacillus sp.</i>	Inhibición de bacterias patógenas
<i>Nitrosomonas sp.</i>	Oxidación de amonio
<i>Nitrobacter sp.</i>	Oxidación de nitritos
<i>Aerobacter sp.</i>	Reducción de materia orgánica
<i>Cellulomonas sp.</i>	Desnaturalización de material vegetal
<i>Thiobacillus sp.</i>	Reduce sulfitos juntamente con la desnitrificación
<i>Paracoccus sp.</i>	Degradación de ácido sulfhídrico (H ₂ S) y remueve eficientemente amonio
<i>Rhodobacter sp.</i>	Degradación de materia orgánica, nitrito y ácido sulfhídrico (H ₂ S)

Fuente: Ron et al. (2020)

Ron et al. (2020) destacan que las funciones y roles ecológicos de las bacterias son fundamentales para la salud y sostenibilidad de los sistemas de producción acuícolas. Al igual que en otras áreas de la acuicultura, es esencial que los microorganismos se sometan a protocolos de monitoreo, control y gestión para mantener el equilibrio y la homeostasis dentro del ecosistema acuícola. Es importante señalar que los beneficios y subproductos derivados de los procesos bioquímicos realizados por las bacterias varían según la especie, la cepa, la constitución genética y las características del entorno en el que se encuentran, incluyendo variables físicas, químicas y biológicas.

Abasolo Pacheco (2015) señala que las bacterias ácido-lácticas (BAL) se destacan por aumentar la disponibilidad de nutrientes, facilitar la utilización de carbohidratos que de otro modo no serían digeribles y, simultáneamente, producir compuestos antimicrobianos que inhiben la proliferación de bacterias patógenas. Estas características hacen que las BAL sean consideradas agentes altamente eficaces para la implementación de control biológico en el ámbito acuícola. Las principales especies del género *Bacillus* empleadas como probióticos en acuicultura incluyen *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus* y *Bacillus amyloliquefaciens*. Estas cepas se aíslan y proliferan principalmente en el suelo, en el agua de los estanques, en el tracto intestinal de los organismos acuáticos, así como en algas marinas y esponjas de mar (Pérez-Chabela et al., 2020).

La exclusión competitiva implica la introducción de un cultivo de bacterias inofensivas, ya sea de una o varias cepas, en el agua o en el organismo. Estas bacterias actúan al prevenir, reducir o eliminar la colonización de patógenos al competir por los nutrientes, creando así un ambiente adverso para las bacterias patógenas como los *Vibrios*. Este proceso facilita la creación de un entorno hostil para los patógenos en el mismo nicho ecológico, lo que resulta en una disminución del número de patógenos y, por consiguiente, en una menor incidencia de enfermedades (Hosain & Liangyi, 2020).

2.3.6. Interacciones competitivas y control de patógenos en acuicultura

La exclusión competitiva implica la introducción de un cultivo de bacterias inofensivas, ya sea de una o varias cepas, en el agua o en el organismo. Estas bacterias actúan al prevenir, reducir o eliminar la colonización de patógenos al competir por los nutrientes, creando así un ambiente adverso para las bacterias patógenas como los *Vibrios*. Este proceso facilita la creación de un entorno hostil para los patógenos en el mismo nicho ecológico, lo que resulta en una disminución del número de patógenos y, por consiguiente, en una menor incidencia de enfermedades (Hosain & Liangyi, 2020).

Según las investigaciones de Kanipe y colaboradores (2021), la exclusión competitiva es un fenómeno en el que diferentes especies bacterianas, que coexisten dentro de un mismo nicho ecológico, se ven envueltas en una competencia por recursos limitados, como nutrientes y espacio. Esta competencia se manifiesta a través de dos estrategias principales: la competencia por explotación y la competencia por interferencia. La competencia por explotación es un proceso indirecto, donde las bacterias compiten con poblaciones previamente establecidas al

ocupar nichos disponibles y agotar rápidamente los recursos, lo que restringe su disponibilidad para otros competidores y, en consecuencia, promueve su propio crecimiento.

En contraste, la competencia por interferencia es un proceso directo en el cual un organismo impacta negativamente a otro, por ejemplo, mediante la producción de compuestos antimicrobianos. Esta forma de competencia implica interacciones directas entre las especies bacterianas, donde una puede perjudicar o inhibir el desarrollo de la otra. En resumen, la exclusión competitiva entre especies bacterianas dentro de un nicho ecológico representa una dinámica compleja que incluye tanto estrategias de competencia por explotación, que operan de manera indirecta, como estrategias de competencia por interferencia, caracterizadas por interacciones directas y a menudo antagonistas entre las especies competidoras (Ramirez Escalante, Sanchez Saritama, & Galarza-Mora, 2023).

Al integrarse en el ecosistema acuícola, las bacterias probióticas tienen la capacidad de ejercer exclusión competitiva mediante la síntesis y excreción de diversos metabolitos antimicrobianos. Entre estos metabolitos se incluyen antibióticos, ácidos orgánicos como el propiónico, fórmico, butírico, acético y láctico, así como peróxido de hidrógeno, compuestos quelantes como sideróforos de hierro, enzimas como proteasas y amilasas, enzimas bacteriolíticas como la lisozima, y bacteriocinas (Pérez-Chabela et al., 2020). Estos compuestos contribuyen a la inhibición y desplazamiento de microorganismos patógenos dentro del entorno acuícola, promoviendo un ambiente más saludable para los organismos en cultivo (Ramirez Escalante, Sanchez Saritama, & Galarza-Mora, 2023).

2.3.7. Impacto de probióticos en el crecimiento y salud de la tilapia (*Oreochromis sp.*)

Los probióticos son microorganismos vivos que benefician la fisiología del huésped al modular la inmunidad sistémica y mucosa, mejorando así el equilibrio nutricional y microbiano en el tracto intestinal (Gatesoupe, 1999; Nayak, 2010; Hill et al., 2014). Estos microorganismos incluyen una amplia variedad de bacterias gramnegativas y grampositivas, microalgas y levaduras, que han sido ampliamente utilizadas en la acuicultura, tanto de manera individual como en combinación, administradas a través del alimento o añadidas directamente al agua de cultivo (Llewellyn et al., 2014; Hoseinifar et al., 2018).

(L. Welker & Lim, 2011) nos dicen que la relación entre la inmunidad y los probióticos en tilapia es compleja. Los probióticos pueden mejorar la función inmune al colonizar el tracto gastrointestinal y competir con patógenos, lo que contribuye a una respuesta inmune más robusta. Esta interacción no solo actúa como una barrera física, sino que también involucra la

producción de citoquinas y la activación de células T efectores y reguladoras, lo que resulta en una respuesta inmune más efectiva.

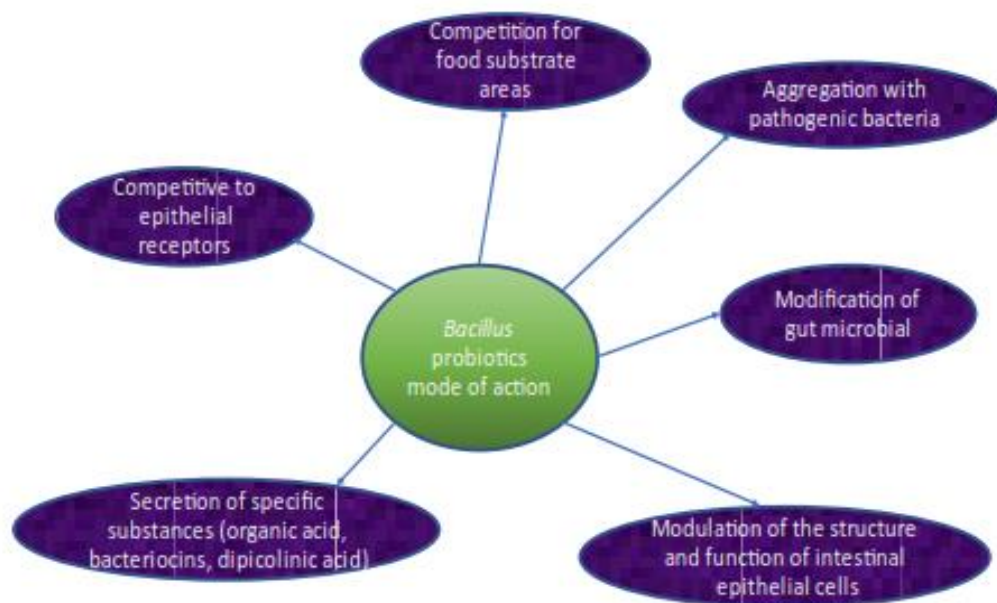
Cuando se investigan colectivamente el impacto de varias cepas probióticas, particularmente *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus rhamnosus*, en el rendimiento del crecimiento, la respuesta inmune y la salud intestinal de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) y otras especies acuáticas. Los hallazgos indican que los probióticos pueden mejorar significativamente las métricas de crecimiento, mejorar la resistencia a las enfermedades y afectar positivamente la microbiota intestinal, y los probióticos autóctonos muestran una persistencia superior y beneficios inmunológicos en comparación con las opciones comerciales. Los estudios enfatizan las ventajas potenciales de incorporar probióticos en las dietas de acuicultura para promover una mejor salud y productividad de los peces, al tiempo que también señalan la variabilidad en las respuestas en función de factores como la especie, el tamaño y las condiciones ambientales (T. Ridha & S. Azad, 2015).

(Verschuere , Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000) nos proporcionan una revisión exhaustiva sobre el uso de bacterias probióticas en acuicultura, explorando su potencial como agentes de control biológico para mejorar la salud de los organismos acuáticos y la calidad del ambiente de cultivo, destaca la creciente importancia de los probióticos debido a la preocupación por el uso excesivo de antimicrobianos y el desarrollo de resistencias bacterianas. Se describen los posibles modos de acción de los probióticos, incluyendo la producción de compuestos inhibidores, la competencia por nutrientes y sitios de adhesión, la mejora de la respuesta inmune, y la mejora de la calidad del agua. Además, el enfoque está en cómo estas bacterias pueden reemplazar o complementar el uso de productos químicos, contribuyendo a un enfoque más sostenible y ecológico en la acuicultura.

Se ha demostrado que los probióticos del género *Bacillus* mejoran la absorción de vitaminas y minerales de los alimentos, así como la descomposición de proteínas, carbohidratos y grasas, lo que asegura que el organismo obtenga los nutrientes necesarios para una salud óptima. Sin embargo, la elección adecuada de probióticos es crucial, ya que una selección incorrecta puede afectar negativamente el metabolismo de nutrientes, la inmunomodulación, la resistencia a la colonización y la resistencia a patógenos. Varias especies de *Bacillus* han sido identificadas como probióticos potenciales para la acuicultura, entre ellas *Bacillus subtilis*, *B. clausii*, *B. velezensis*, *B. cereus*, *B. coagulans*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. mojavenensis* y *B.*

megaterium. El uso de especies de *Bacillus* en la cría de tilapia es común y efectivo, principalmente como aditivos en el alimento o en el agua (Shija, Kwaku, & Jia, 2023).

Figura 3. Esquema que ilustra el modo de acción de los probióticos del género *Bacillus*, creando un entorno hostil para los patógenos, competir por los nutrientes esenciales y limitar los sitios de adhesión epitelial.



Fuente: (Shija, Kwaku, & Jia, 2023)

La incorporación de probióticos exógenos en un sistema de biofloc puede incrementar la eficacia de estos microorganismos, dado que se cultivan en un entorno cerrado y los peces del sistema los aprovechan con facilidad. La alta carga microbiana presente en el sistema biofloc actúa como un agente de control biológico contra patógenos mediante el mecanismo de exclusión competitiva. La integración de probióticos beneficiosos en un sistema de biofloc y la producción de floc de alta calidad pueden mejorar la salud de los organismos cultivados y erradicar las enfermedades bacterianas en su totalidad (Aimi, y otros, 2021).

(Addo, y otros, 2017) nos indican en su estudio que en un período corto de alimentación de 21 días con cepas de *Bacillus subtilis* no produjo una mejora significativa en el crecimiento de juveniles de *Oreochromis niloticus*. Sin embargo, los resultados demostraron efectos beneficiosos al suplementar estos probióticos en la dieta, mejorando la respuesta inmunológica y la supervivencia frente a un desafío con *Streptococcus iniae* en *O. niloticus*.

Los tratamientos con probióticos, tanto individualmente como en combinación, aumentaron significativamente las actividades bactericidas y de lisozima en suero en la tilapia y redujeron la mortalidad causada por la infección de *S. iniae*. Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar los efectos de la aplicación a largo plazo de estos probióticos en el crecimiento y supervivencia frente a *S. iniae* y otras enfermedades bacterianas importantes en la tilapia, así como su evaluación en otras especies de peces cultivados que sean susceptibles a la infección por *S. iniae* (Addo, y otros, 2017).

(Sookchaiyapor, Srisapoome, Unajak, & Areechon, 2020) nos presentan en su estudio que los probióticos pueden actuar como agentes de control biológico contra infecciones bacterianas en animales acuáticos, además de fomentar el crecimiento y estimular el sistema inmunológico, se investigaron las funciones biológicas de dos probióticos potenciales, *Bacillus sp.* KUAQ1 y *Bacillus sp.* KUAQ2, aislados del intestino de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* Linn.). Se evaluó la capacidad de los probióticos para inhibir las bacterias patógenas *Streptococcus agalactiae* y *Aeromonas hydrophila*, así como su actividad proteolítica específica.

Los probióticos no mostraron un efecto significativo en el peso promedio, la tasa de crecimiento diario, la tasa de crecimiento específico o el índice de conversión alimenticia de las crías de tilapia tras un ensayo de alimentación de 8 semanas. Además, la suplementación con probióticos no aumentó la tasa de supervivencia de la tilapia desafiada con *S. agalactiae*. Sin embargo, varios parámetros inmunológicos, incluidos la lisozima, la actividad fagocítica y la actividad respiratoria explosiva en los peces juveniles tratados con probióticos, fueron significativamente mayores que en el grupo de control. A pesar de estas limitaciones, estos dos probióticos del género *Bacillus* ofrecen beneficios en términos de control de enfermedades y estimulación de la respuesta inmune en la tilapia cultivada (Sookchaiyapor, Srisapoome, Unajak, & Areechon, 2020).

Los probióticos pueden fortalecer las defensas intestinales del huésped creando un ambiente desfavorable para los patógenos, compitiendo por nutrientes esenciales, bloqueando los sitios de adhesión en el epitelio, y modulando las respuestas inmunológicas tanto a niveles fisiológicos como moleculares (Balcázar et al., 2006). La administración de probióticos como aditivos dietéticos, partículas bioencapsuladas y suplementos en el agua de cultivo ha demostrado aumentar la resistencia a enfermedades y mejorar la supervivencia en tilapia desde la etapa larvaria hasta la fase juvenil avanzada. Además de brindar protección contra patógenos bacterianos, los probióticos también pueden ofrecer protección contra virus, hongos y protozoos

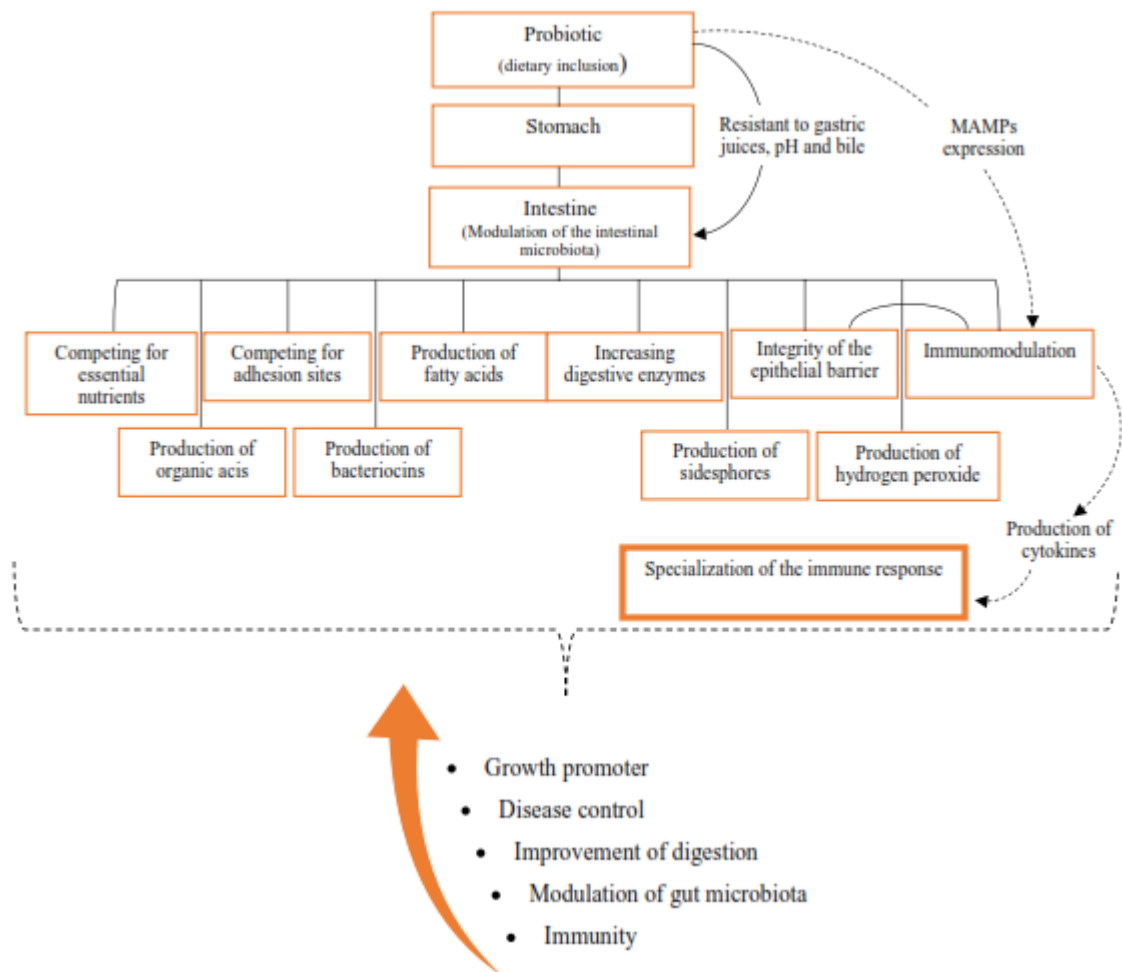
patógenos (Nayak, 2010; Chauhan y Singh, 2019). Por ejemplo, la inclusión de la levadura probiótica *Saccharomyces cerevisiae* en las dietas de la Tilapia del Nilo aumentó la resistencia frente al hongo patógeno *Aspergillus flavus*, con un nivel óptimo de inclusión de 6 g/kg de dieta (Abdel-Tawwab, Adeshina, & Issa, 2020).

(do Carmo Alves, Peconick, da Silva Cerozi, & Possebon Cyrino, 2022) nos muestran que los ácidos orgánicos, ácidos grasos de cadena corta, vitaminas, antibióticos, bacteriocinas, peróxido de hidrógeno y sideróforos se encuentran entre las sustancias sintetizadas por probióticos que han demostrado tener un efecto positivo en la salud y bienestar de los huéspedes (Yan et al., 2002; Tinh et al., 2008; Zorriehzahra et al., 2016; Hoseinifar et al., 2018; Chauhan y Singh, 2019). Los probióticos mejoran la digestibilidad de los alimentos al aumentar la secreción de enzimas digestivas, como lipasas, amilasas y proteasas (Hoseinifar et al., 2018). Se detectó una alta actividad de lipasa en el intestino de la tilapia del Nilo alimentada con tres especies de *Bacillus* asociadas al huésped, aunque no se observó una diferencia significativa en la actividad de la amilasa (Kuebutornye et al., 2020 a, b).

Las bacterias del ácido láctico compiten con los patógenos por los sitios de adhesión en el epitelio mucoso del tracto gastrointestinal en varias especies de peces, incluida la tilapia (Balcázar et al., 2008; Brown, 2011; He et al., 2017; van Nguyen et al., 2019). Por ejemplo, *Leuconostoc mesenteroides* inhibió el crecimiento de bacterias patógenas en la Tilapia del Nilo, en particular *Vibrio spp.* y *Mycobacterium spp.* (Zapata y Lara-Flores, 2013).

Se ha demostrado que los probióticos pueden mitigar los efectos perjudiciales causados por la contaminación con metales pesados. La inclusión de la bacteria ácido-láctica *Lactobacillus plantarum* en la dieta de la tilapia ha demostrado reducir la toxicidad del aluminio al disminuir su absorción intestinal y acumulación hepática, lo que, a su vez, alivia el estrés oxidativo inducido por el aluminio, previene daños tisulares y aumenta la tasa de supervivencia (Yu et al., 2017). De manera similar, la tilapia alimentada con una dieta que contenía 1 g/kg de *Lactobacillus acidophilus* mostró una disminución significativa en la incidencia de eritrocitos policromáticos micronucleados cuando fue expuesta a diferentes niveles de cadmio.

Figura 4. Diversos mecanismos de acción de los probióticos en la tilapia del Nilo (*O. niloticus*)



Fuente: (do Carmo Alves, Peconick, da Silva Cerozi, & Possebon Cyrino, 2022).

2.3.8. Fermentos simbióticos en acuicultura: estrategias y efectos

Los fermentos simbióticos se fundamentan en la interacción beneficiosa entre las bacterias probióticas y la especie en cultivo, siendo los prebióticos el componente esencial que facilita la colonización y proliferación de microorganismos tanto en la columna de agua como en el organismo huésped (Prieto Sarango, 2022). Los prebióticos, que consisten en ingredientes alimentarios no digeribles como fibras y azúcares, ofrecen beneficios al estimular de manera selectiva el crecimiento y activar el metabolismo de determinadas bacterias que contribuyen a la salud del tracto intestinal del huésped. Una de las principales ventajas de los prebióticos radica en su origen natural, al ser componentes integrados en los alimentos (piensos),

especialmente en forma de carbohidratos, lo que los convierte en un elemento clave en la formulación de los fermentos simbióticos (Okey et al., 2018).

Los fermentos simbióticos cumplen diversas funciones, entre las cuales se destacan: a) El empleo de microorganismos probióticos para facilitar la descomposición de la materia orgánica presente en el prebiótico, convirtiendo sus componentes en sustancias más solubles y accesibles para su aprovechamiento; b) La incorporación de estos microorganismos en la cadena alimentaria del sistema de cultivo mediante su adhesión a las partículas del prebiótico, lo que contribuye a la reducción de los niveles de amonio y materia orgánica generados por el alimento no consumido o las excretas (Borbor Borbor, 2022).

Sin embargo, el sustrato prebiótico que sirve de base para las bacterias también es consumido de manera acelerada, lo que provoca una disminución en la fracción del sustrato que es fácilmente oxidable debido a la actividad microbiana. Como resultado, la tasa de crecimiento bacteriano comienza a decaer, y una vez que se agotan los materiales fácilmente oxidables en el sustrato, la población bacteriana experimenta una disminución significativa. En última instancia, esto lleva a que las bacterias entren en una fase de declive en su patrón de crecimiento (Pindo Gavilanes, 2022). Este fenómeno se produce, en teoría, cuando no se proporciona más sustrato, por lo que en la acuicultura simbiótica, la adición continua de fermentos simbióticos es necesaria durante todas las fases del cultivo (Ramirez Escalante, Sanchez Saritama, & Galarza-Mora, 2023).

Hernández Mancipe et al. (2019) señalan que el carbono actúa como un factor limitante en el crecimiento de bacterias heterótrofas, y que una relación C/N de 15-20 favorece significativamente el desarrollo de este tipo de microorganismos, lo que también optimiza la fijación del nitrógeno. Por otro lado, Mugwanya et al. (2021) argumentan que relaciones C/N de 10:1 y 12:1 son ideales en tecnologías simbióticas para el cultivo de organismos, ya que permiten reducir los costos de producción sin comprometer el crecimiento de los organismos, además de evitar el aumento de sólidos suspendidos totales (TSS) (Ramirez Escalante, Sanchez Saritama, & Galarza-Mora, 2023).

2.3.9. Inmunización o tratamientos mediante inmersión

(Bedekar & Kole, 2022) nos dicen en su investigación que la vacunación por inmersión consiste en sumergir a los peces en agua que contiene antígenos vacunales, los cuales son absorbidos por la piel, las branquias o el intestino y procesados por el sistema inmunológico, generando así una respuesta inmune protectora. Existen dos métodos principales para la vacunación por

inmersión: la vacunación por inmersión rápida (dosis alta de la vacuna durante un corto periodo) y la vacunación por baño (vacuna diluida durante un periodo más prolongado). La ruta de administración por inmersión (ya sea rápida o por baño) representa el método más sencillo para la aplicación de vacunas en peces. Este enfoque ha demostrado ser muy efectivo para la vacunación masiva de peces de pequeño tamaño y alevines, especialmente cuando se considera que son inmunocompetentes de manera adaptativa.

Sin embargo, debido a la limitada absorción de antígenos en comparación con la inyección, la vacunación por inmersión generalmente proporciona una inmunidad a corto plazo o una protección de moderada a baja en la mayoría de los casos, aunque existen muchas excepciones. La menor eficacia de la vacunación por inmersión depende de varios factores, como la dosis de la vacuna (antígeno), la duración de la inmersión, el tipo de vacuna (replicativa/no replicativa), la naturaleza de los antígenos (particulados/solubles), el tamaño de los peces (edad), la osmolaridad, la temperatura, el desempeño del adyuvante, la estrategia de refuerzo, la integridad de la mucosa y las estrategias de desafío (virulencia y dosis del patógeno desafiante, inyección/desafío por baño) (Bedekar & Kole, 2022).

(Gudding, Lillehaug, & Evensen, 1999) nos indican en su estudio que los antígenos de *Vibrio anguillarum*, *Vibrio ordalii* y *Vibrio salmonicida* se han utilizado durante mucho tiempo en vacunas para peces (Toranzo et al., 1997). Estos microorganismos son responsables de enfermedades que, en su forma clásica, se manifiestan como septicemias. *Vibrio vulnificus* y *Vibrio viscosus* representan nuevos desafíos para los vacunólogos especializados en peces, ya que el primero es un patógeno oportunista en humanos y el segundo causa la “úlceras de invierno” en el salmón del Atlántico, lo que afecta gravemente el valor comercial del pescado.

Se ha demostrado que una vacuna inactivada contra *Vibrio viscosus* proporciona protección efectiva (Vinitnantharat et al., 1999). Hasta la fecha, no existe una vacuna comercial que contenga antígenos de *Vibrio vulnificus*; sin embargo, una bacteria toxoide con cepas españolas y japonesas ha demostrado ser protectora tanto en experimentos de laboratorio como en granjas comerciales (Toranzo et al., 1997).

(Bøgwald & Dalmo, 2019) nos dicen que las vacunas o tratamientos inmunológicos por inmersión se utilizan en diversas especies de peces de acuicultura para protegerlos contra enfermedades infecciosas causadas por bacterias y virus. Durante la vacunación por inmersión, los antígenos son absorbidos a través de la piel, las branquias o el intestino, donde son procesados por el sistema inmunológico, lo que puede generar una respuesta protectora. Sin

embargo, la ausencia de respuestas secundarias clásicas tras vacunaciones repetidas por inmersión puede explicarse, en parte, por la limitada absorción de antígenos en comparación con la vacunación por inyección.

La administración de vacunas varía según el tamaño de los peces. En la mayoría de los casos, la vacunación por inmersión ofrece una protección inferior en comparación con la vacunación por inyección. No obstante, la inyección presenta desafíos en peces pequeños, y los alevines de tan solo 0.5 gramos pueden ser vacunados por inmersión cuando se consideran inmunocompetentes a nivel adaptativo. Las vacunas inactivadas, en muchos casos, son débilmente inmunogénicas, lo que resulta en una baja protección tras la vacunación por inmersión. Por esta razón, en los últimos años, varios estudios se han centrado en formas de aumentar la eficacia de estas vacunas (Bøgwald & Dalmo, 2019).

Actualmente, se han investigado vacunas bacterianas con vectores vivos en peces. Se han reportado vacunas con vectores vivos utilizando microorganismos como *E. coli*, *E. tarda*, *Salmonella*, *Listeria*, *Lactobacillus*, y *Bacillus subtilis*, entre otros. Es importante destacar que, con el avance en la investigación sobre la función de los microbios intestinales en los últimos años, se ha incrementado el interés en el papel de los probióticos. Los probióticos, al ser seguros y no tóxicos, no solo promueven una mejor absorción intestinal de nutrientes y mejoran la inmunidad del organismo, sino que también actúan como excelentes adyuvantes en la administración de vacunas vivas. Diversos estudios han demostrado que las vacunas recombinantes basadas en vectores vivos, construidas utilizando *Lactococcus lactis* y *Bacillus subtilis*, pueden inducir una respuesta inmune protectora en el huésped (Du, Hu, Miao, & Chen, 2022).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Equipos y materiales

3.1.1. Trabajos de escritorio

Equipos:

- Portátil Apple MacBook Air

Software:

- Office 2019
- IBM SPSS Statistics 22

3.1.2. Trabajos de campo

Materiales:

- Libreta de apuntes
- Lápiz o bolígrafo
- Tubos de 2"
- Codos de 2"
- Uniones de 2"
- Tapones de 2"
- Manguera
- Unión en T de 1"
- Llaves de 16mm
- Bridas
- Taladro
- Sierra
- Malla verde
- Lijas
- Cintas
- Baldes 20 L
- Jarra medidoras 1 L
- 12 tanques de 250 L

Equipos:

- Equipo de Aireación (Brower)
- Balanza gramera
- Microscopio Portátil "Pocket High Power"
- Kit's colorimétricos API: Amonio, nitrito, nitrato, pH
- Tiras medidoras de pH.
- Multiparámetro digital: salinidad, temperatura, pH
- Medidor de Alcalinidad digital Hanna "Ckecker"

Material Biológico:

- 180 tilapias negras (*Oreochromis sp.*)

Insumos:

- Alimento balanceado comercial
- Melaza
- Polvillo de arroz orgánico
- Mixes bacterianos (Marcas comerciales):
 - Consorcio microbiano 1. Producto A y B: *B. Subtilis*; *B. licheniformis*; *Nitrosomonas*; *Nitrobacter*.
 - Consorcio microbiano 2. Producto C y B: *B. Subtilis*; *Lactobacillus Lactis*; *Nitrosomas sp*; *Nitrobacter sp.*
 - Consorcio microbiano 3. Producto E y F: *B. Subtilis*; *B. licheniformis*
 - Consorcio microbiano 4. Producto G y H: *Subtilis*; *Lactobacillus Lactis*; *Nitrosomas sp*; *Nitrobacter sp.*; *Saccharomyces Cerevisiae*; *Lactobacillus Casei*.

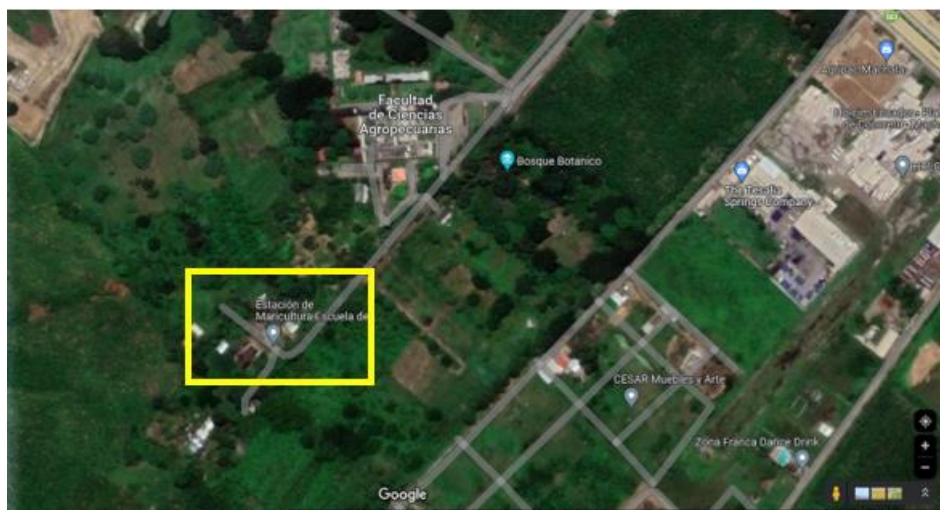
3.2. Metodología

3.2.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio se llevará a cabo en la Estación de Maricultura - Acuicultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Machala, en la provincia de El Oro, con coordenadas: 3°17 '30 "S 79°54' 50"W.

Figura 3.

Figura 5. Ubicación del área de estudio



Fuente: Obtenido de Google Earth. Los autores 2024

3.2.2. Etapa preexperimental

Para la presente investigación se realizó la etapa preexperimental en tres secciones. En la parte uno, se realizó la toma de muestras de agua, fango y especímenes de tilapia negra y fueron enviados al Laboratorio Biomar Celi ubicado en Puerto Bolívar para su correspondiente análisis. Para la segunda parte se realizó la implementación de un sistema de aireación para difusión de oxígeno para el agua de los 2 tanques de 1000 litros donde se colocó 80 tilapias en c/u con un peso promedio entre 75 y 80 gramos con agua y lodo traído del sitio de recolección (Ubicación: 3°26'15.9"S 79°59'48.6"W). Para la tercera parte se implementó un sistema de distribución de aire (Blower) para cada uno de los tanques de experimentación de 250 litros mediante manguera difusora.

3.2.3. Densidad de Siembra

En este trabajo de investigación se trabajó con densidad de siembra para todas las unidades experimentales correspondientes a la Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) de 10 tilapias/200 lt.

3.2.4. Aireación

Para asegurar el suministro adecuado de oxígeno en los sistemas de investigación, se implementó un sistema de distribución de aire. Inicialmente, el aire se distribuyó mediante tuberías paralelas de 75 mm, y luego fue canalizado hacia el interior de la Estación de Maricultura - Acuicultura a través de una tubería flexible de 1 pulgada. Desde allí, el aire

se dirigió a un sistema compuesto por mangueras flexibles de ½ pulgada, las cuales estaban conectadas a discos de aireación. Estas mangueras estaban integradas en un sistema central alimentado por un soplador regenerativo de 1 Hp, encargado de distribuir la aireación de manera uniforme a todos los tanques, cada uno con una conexión independiente. Dentro de cada tanque, el aire se distribuía a través de mangueras microporosas, lo que generaba burbujas óptimas para la asimilación de oxígeno. Cada conexión estaba equipada con una llave de regulación para controlar el flujo de aire en cada tanque de manera precisa.

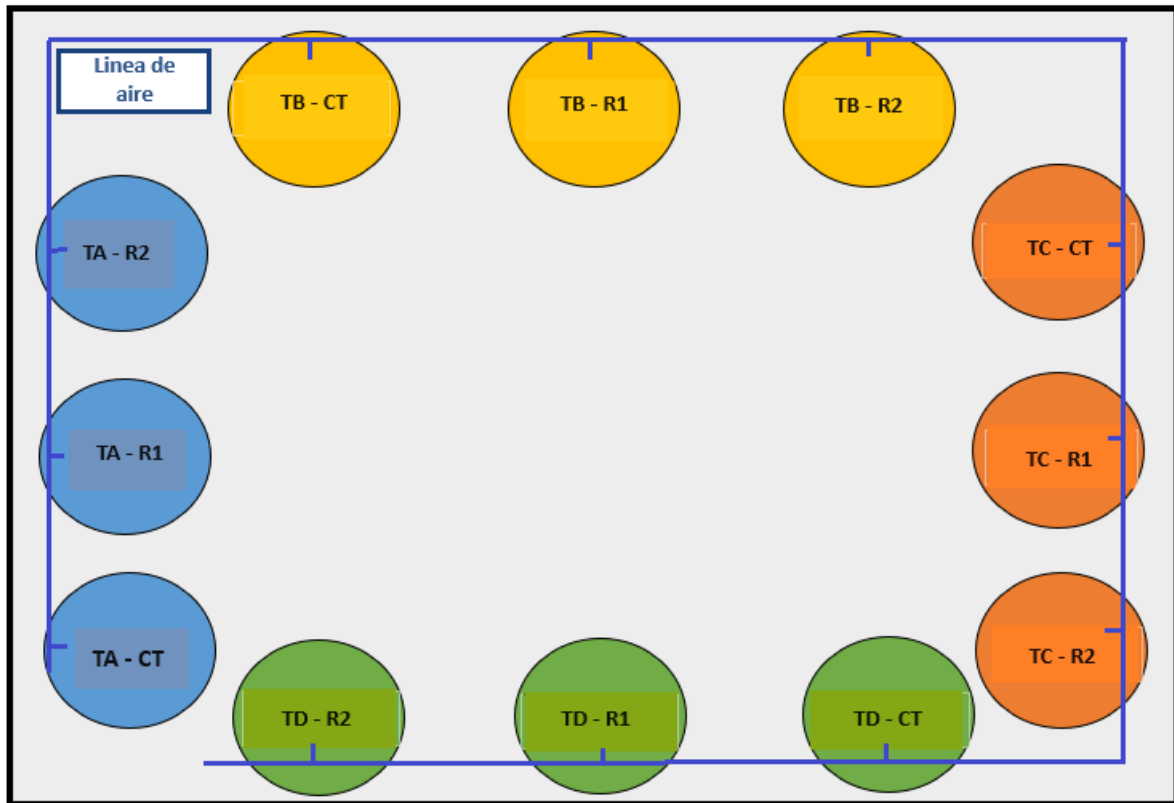
3.2.5. Acondicionamiento del agua para el cultivo

La salinidad del agua de origen de los especímenes de tilapia se encontraba en 5 g/l, por lo que se procedió a estandarizar la salinidad del agua y para ello se emplearon cuatro tanques con una capacidad de 650 litros de agua salada la cual fue obtenida en la parroquia de Puerto Bolívar, cantón Machala, en el laboratorio propiedad del Ing. Jimmy Sornoza. Esta agua tenía una salinidad de 25 g/l y junto con agua de baja salinidad obtenida de un pozo cercano a la EMA y traída en tanquero fue utilizada para ajustar mediante diluciones y así mantener la salinidad del agua en un rango de 5 a 6 g/l.

3.3. Diseño Experimental

Se implementó un diseño experimental completamente al azar (DCA), en el cual se manipuló un factor de estudio (agua sin tratamiento versus agua con probióticos) a través de cuatro tratamientos con dos réplicas, conformando un total de doce unidades experimentales (tanques plásticos con una capacidad de 250 litros). En la figura se observa que los tratamientos fueron asignados de manera completamente aleatoria a las unidades experimentales en todo el experimento, garantizando así la homogeneidad tanto del material como del entorno experimental.

Figura 6: Diseño de Experimentación de la ubicación de los Tanques



3.4. Gestión y ejecución del experimento

3.4.1. Implementación

Para esta investigación se emplearon 12 unidades experimentales, consistentes en tanques plásticos con una capacidad de 250 litros cada uno, en los cuales se trabajó con un volumen de agua de 200 litros. Además, se implementó un sistema de aireación continua mediante la adaptación de una parrilla de manguera microporosa en el fondo de los tanques de experimentación.

3.4.2. Obtención y transporte del agua y de las Tilapias en su peso óptimo

Durante el periodo de experimentación, el agua utilizada fue proporcionada por el laboratorio de larvas del Ing. Jimmy Sornoza, ubicado en la parroquia de Puerto Bolívar, de la ciudad de Machala, provincia de El Oro. Se realizaron mediciones del pH, el cual se mantuvo en 7,5, y se confirmó que el nivel de amonio era de 0 ppm, mientras que la salinidad registrada fue de 25 g/l.

Los ejemplares de tilapias negras (*Oreochromis sp.*) utilizados en la investigación fueron obtenidos de una camaronera ubicada en la parroquia de Puerto Jeli, en el cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. Se obtuvieron un total de 180 especímenes, que fueron transportados hasta la Estación de Maricultura-Acuicultura "EMA", lugar donde se llevó a cabo la investigación. De estos, se seleccionaron 120 especímenes para el estudio, distribuidos en las unidades experimentales a razón de 10 Tilapias por unidad experimental, con un peso promedio de 80 gramos y una uniformidad del 90% en cada unidad experimental.

3.4.3. Preparación del catalizador bacteriano de inmersión

La preparación del catalizador: Protocolo Prebiótico 1: se lleva a cabo en tres fases, en la primera fase, se comenzó con tomar de 16 litros de agua con las mismas características fisicoquímicas del agua de las unidades experimentales sin contaminación, seguido de la incorporación de 1 kg de polvillo de arroz orgánico previamente tamizado y 8 ml de peróxido de hidrógeno, permitiendo que repose durante un período de 8 horas. En la segunda fase, se introduce una aireación continua durante 24 horas.

Una vez transcurrido este período se añaden los siguientes ingredientes: 5 g de cada producto comercial bacteriano (Consortio microbiano 1: Producto A y B; Consortio microbiano 2: Producto C y B; Consortio microbiano 3: Producto E y F; Consortio microbiano 4: Producto G y H), 50 g de bicarbonato, 10 g de vitamina C, 10 g de tierra de diatomeas, 20 gramos de Silicam Plus (biobac) y 150 g de melaza (previamente hervida).

Para la preparación del Protocolo Prebiótico 2: melaza (previamente hervida) en 20 litros de agua se adiciona 800 g de melaza con 27 g de levadura activa (*Saccharomyces cerevisiae*) más la adición de: Consortio microbiano 1: Producto A y B; Consortio microbiano 2: Producto C y B; Consortio microbiano 3: Producto E y F; Consortio microbiano 4: Producto G y H.

3.4.4. Implementación del catalizador bacteriano y seguimiento del experimento

La aplicación de los catalizadores (PP1-PP2) en los tanques experimentales comenzó durante la fase de experimentación donde se inocularon 500 ml de cada fermento, denominados protocolo 1 y 2, en cada unidad experimental considerando cada uno de los tratamientos (TA, TB, TC, TD). Una vez iniciada la fase práctica, se aplicaron 200 ml de los fermentos (PP1 y PP2) cada 48 horas. La cantidad aplicada (en ml) se ajustó en función de los niveles de TAN presentes en cada unidad experimental que fue usado como referencia. Cabe destacar que el amoníaco no ionizado (NH_3) es la forma de amoníaco liberado en el medio ambiente, y su

toxicidad para los peces aumenta con el incremento del pH (de 7.5 a 8.5) y la temperatura (de 25 a 35 °C), por lo que se realizaron los ajustes pertinentes.

Asimismo, se llevó a cabo la medición de los parámetros de oxígeno disuelto, temperatura, pH, TDS, TAN, salinidad, saturación de oxígeno y amoníaco no ionizado (NH₃) en cada unidad experimental.

3.4.5. Alimentación

La alimentación de los peces se llevó a cabo aplicando el 3 % de la biomasa del alimento en relación con la tabla de alimentación para Tilapia de la empresa “Piscícola Milagro”. Se utilizó un alimento peletizado comercial de camarón con un 35% de proteína y un diámetro de 2 mm. El proceso de alimentación se dividió en dos dosis diarias: la primera se administró por la mañana (10 a.m.) y la segunda por la tarde (2 p.m.). Esta estrategia de dosificación se implementó para optimizar la asimilación del alimento por parte de los peces y minimizar el desperdicio.

3.5 Variables por medir

3.5.1 Variables dependientes

Se llevaron a cabo las mediciones de las variables dependientes mencionadas en la Tabla 4 en los peces de cada uno de los tanques experimentales.

Tabla 3: Métodos de medición de las variables dependientes

Variable dependiente	Método de medición
Catalizador bacteriano TA – R1; TA – R2	Método de control de peso y sobrevivencia de cada semana de estudio en todas las Unidades Experimentales.
Catalizador bacteriano TB – R1; TB – R2	Método de control de peso y sobrevivencia de cada semana de estudio en todas las Unidades Experimentales.
Catalizador bacteriano TC – R1; TC – R2	Método de control de peso y sobrevivencia de cada semana de estudio en todas las Unidades Experimentales.
Catalizador bacteriano TD – R1; TD – R2	Método de control de peso y sobrevivencia de cada semana de estudio en todas las Unidades Experimentales.

3.5.2 Variables intervinientes aleatorias

Las mediciones de las variables intervinientes, detalladas en la Tabla 3, se llevaron a cabo en el agua de cada una de las unidades experimentales.

Tabla 4: Métodos de medición de las variables intervinientes aleatorias

Variables intervinientes aleatorias	Método de medición
Temperatura, Salinidad, Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales del agua y Saturación de Oxígeno en el agua	Las variables de tipo cualitativo fueron medidas mediante un multiparámetro: YSI Pro-2030. Water quality meter AZ 8372 (conductividad, TDS, salinidad)
Amonio total del agua	La variable de tipo cualitativo fue medida mediante el kit de amonio API.

3.5.3 Supervivencia de Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*)

Esta métrica indicó el porcentaje de animales que sobrevivieron en comparación con la cantidad inicial sembrada. Para obtener este valor, se realizó el vaciado completo de las unidades experimentales y se procedió a un recuento manual de los organismos sobrevivientes. Posteriormente, se calculó la relación entre los animales cosechados y los sembrados inicialmente, multiplicando el resultado por 100, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Supervivencia} = (\text{animales cosechados} / \text{animales sembrados}) \times 100$$

3.5.4 Procedimiento estadístico

Para identificar posibles diferencias estadísticas entre los tratamientos investigados y determinar dónde se ubican dichas diferencias o similitudes, se emplearon pruebas de rangos y comparaciones múltiples de Duncan. En situaciones donde los supuestos del modelo paramétrico no se cumplían, se utilizó el ANOVA de Kruskal-Wallis. El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software SPSS versión 25 para Windows, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Variación de los parámetros fisicoquímicos durante la experimentación

4.1.1 Temperatura

Durante la experimentación, los niveles de temperatura se mantuvieron entre 23 y 28 °C. La temperatura del agua es un factor crucial que afecta significativamente la fisiología y el crecimiento de la Tilapia negra (*Oreochromis sp.*). A medida que la temperatura aumenta, también lo hace la tasa metabólica de los peces, lo que incrementa su demanda de alimento. Sin embargo, temperaturas superiores a 30°C pueden provocar una disminución en el crecimiento, mientras que temperaturas por debajo de 23°C pueden retardar el desarrollo debido a una disminución de la tasa metabólica. El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la tilapia se sitúa entre 26°C y 30°C. (Mohamed E., y otros, 2022).

Figura 7: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00

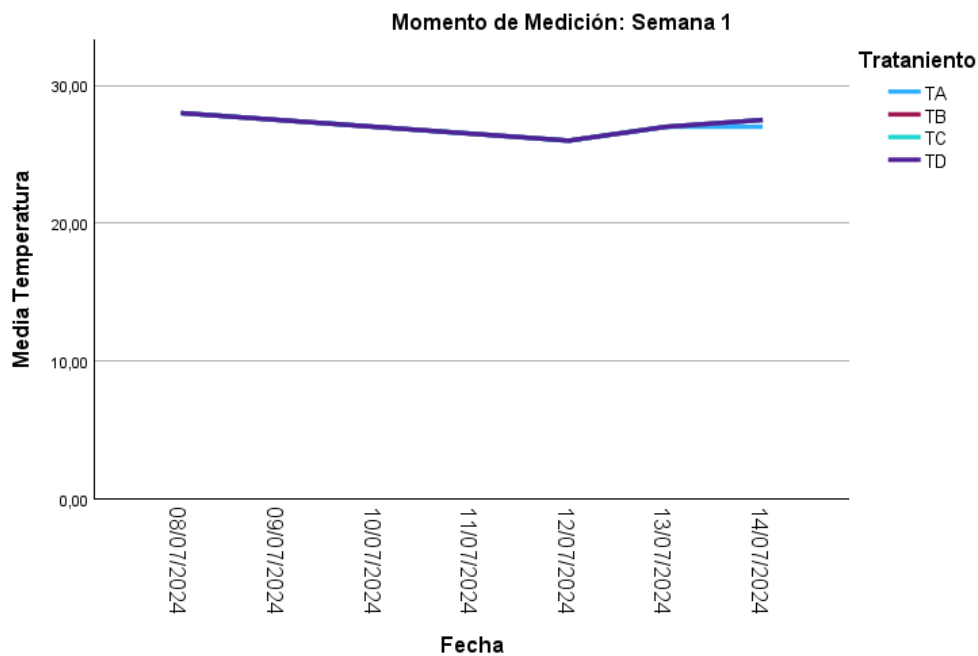


Figura 8: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00

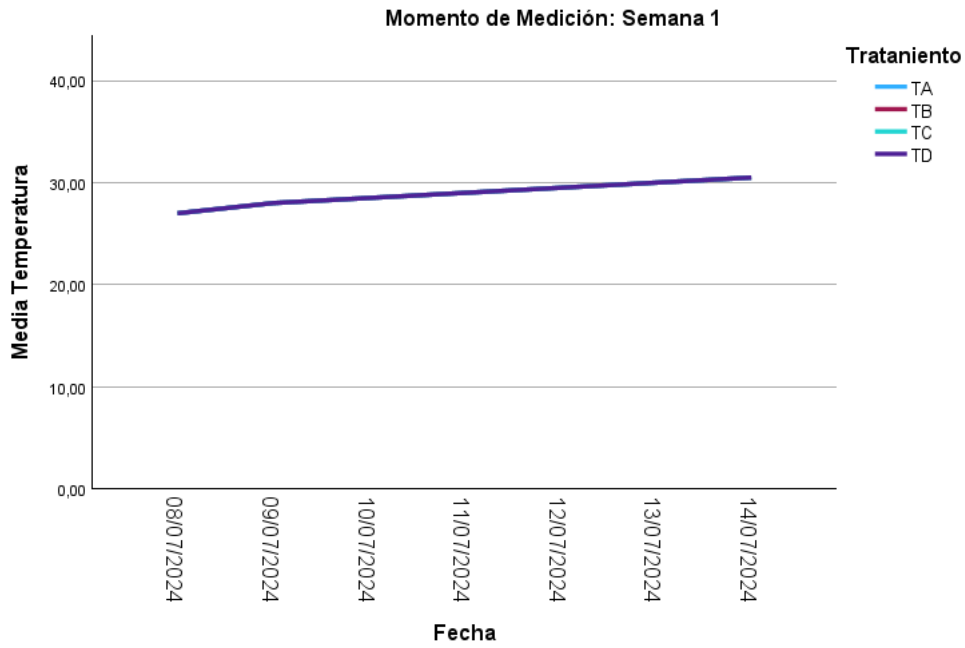


Figura 9: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00

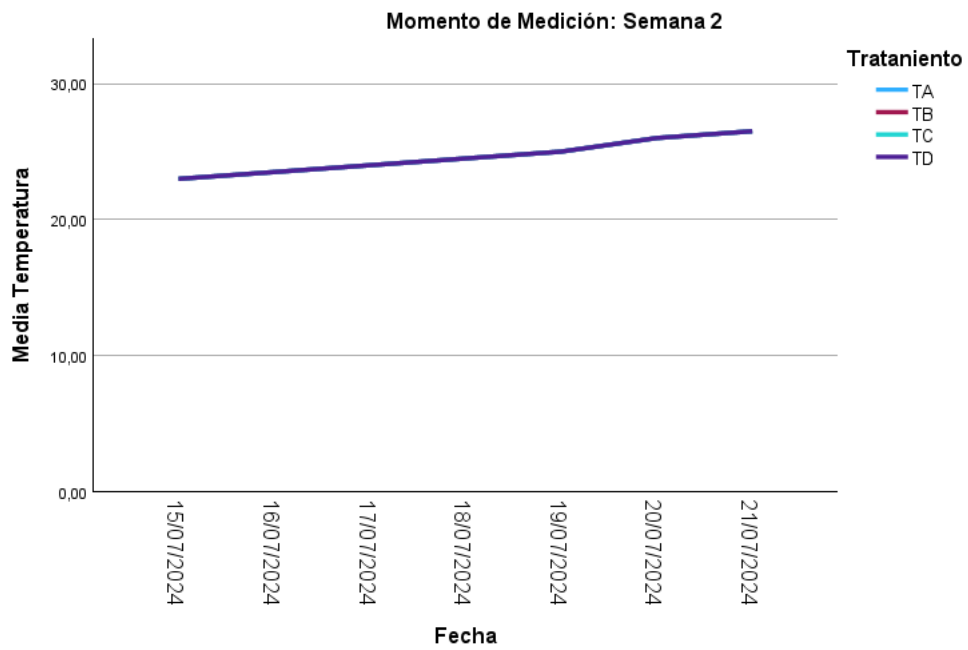


Figura 10: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00

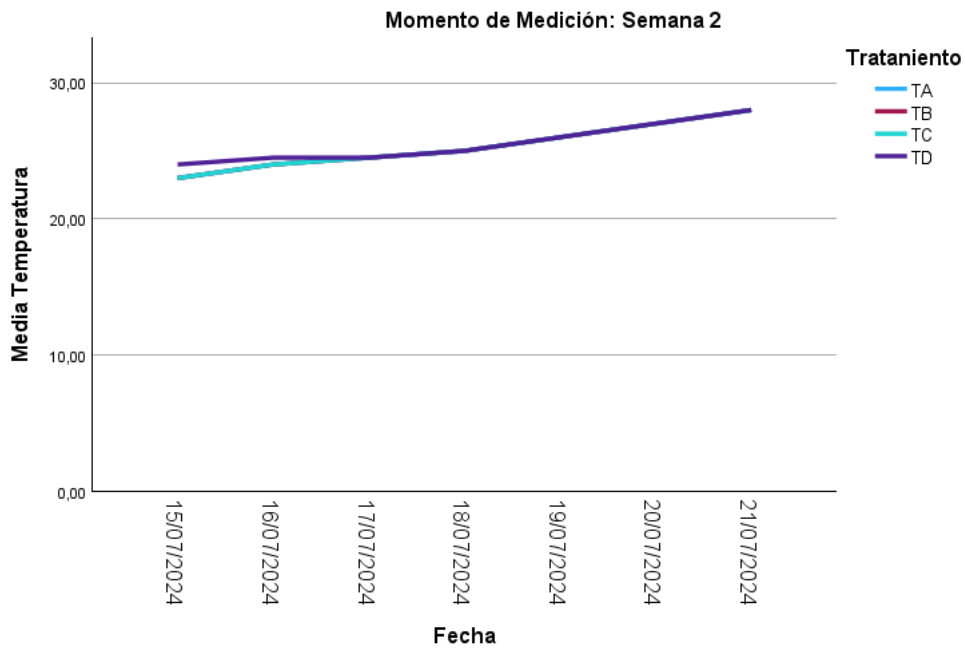


Figura 11: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00

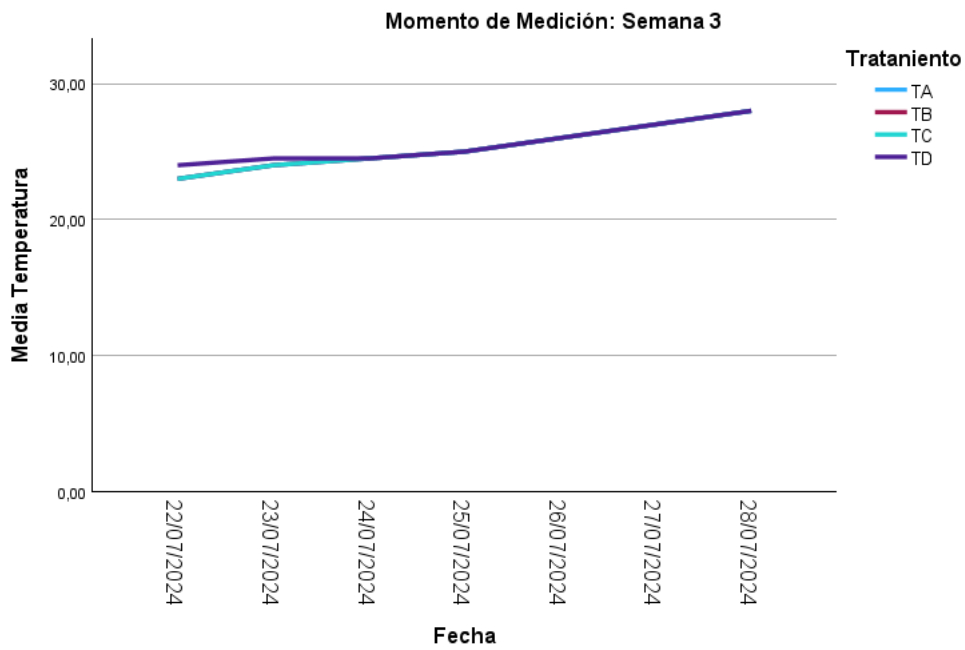


Figura 12: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00

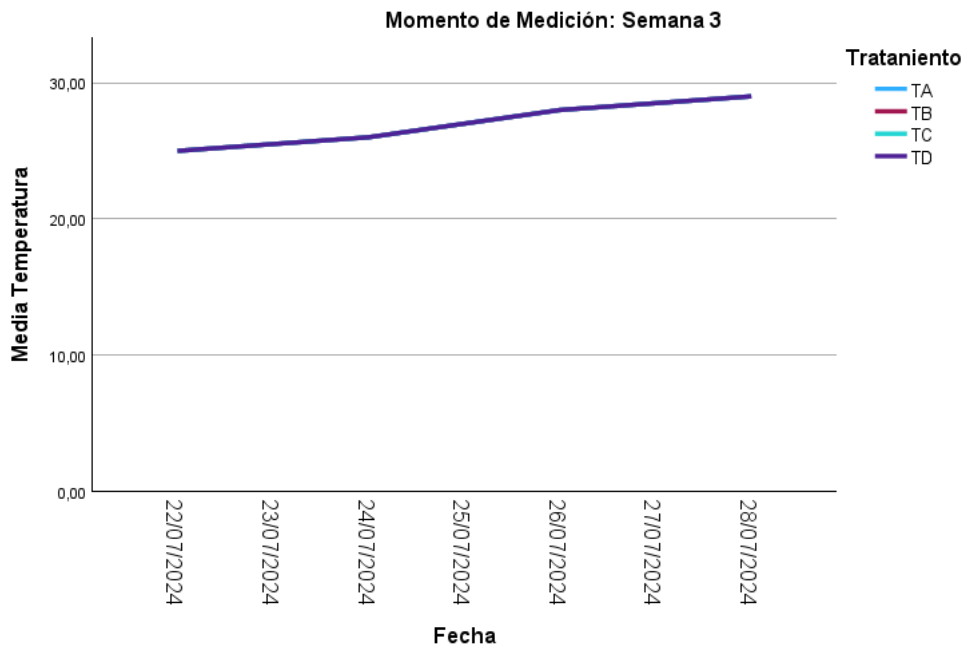


Figura 13: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 10:00

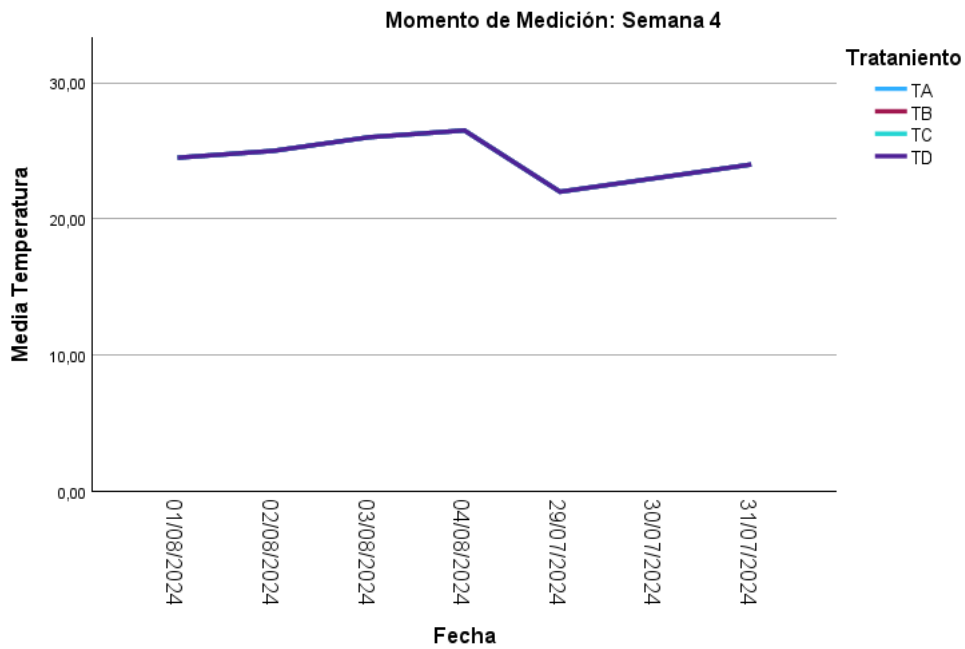
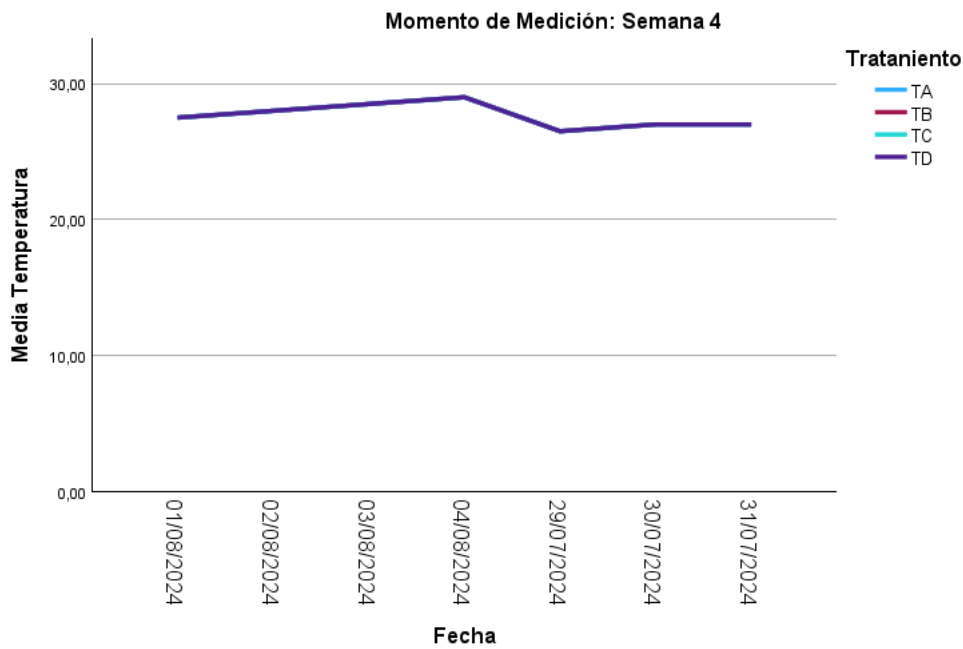


Figura 14: Variación de la temperatura del agua durante el experimento a las 16:00



4.1.2 Oxígeno Disuelto

Los niveles de Oxígeno Disuelto (OD) en el medio acuático experimental se mantuvieron por encima de los 5 mg/L, ya que durante la época más cálida del año, el aumento de la temperatura del agua puede provocar problemas debido a la insuficiencia de oxígeno. Es fundamental mantener el OD por encima de los 5 mg/L, puesto que, según (Bulbul, Anushka, & Abha, 2022), los niveles de oxígeno disuelto superiores a 5 mg/L son esenciales para la salud y el crecimiento de los organismos acuáticos. Además, destaca la importancia de mantener un OD adecuado durante períodos de altas temperaturas, cuando el agua tiende a retener menos oxígeno, para evitar problemas como el estrés y la mortalidad en peces.

Figura 15: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento

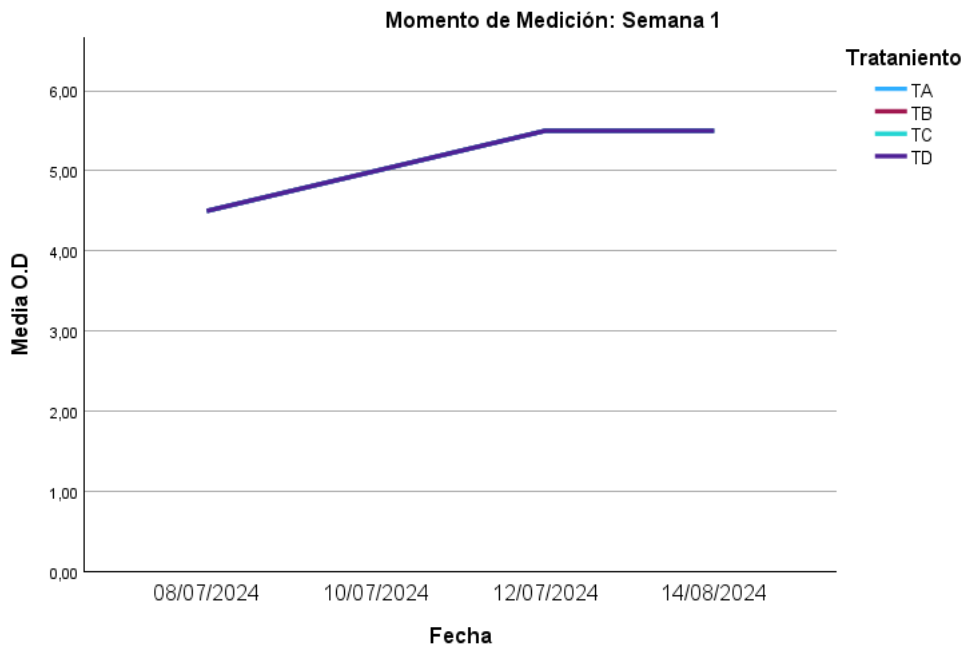


Figura 16: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento

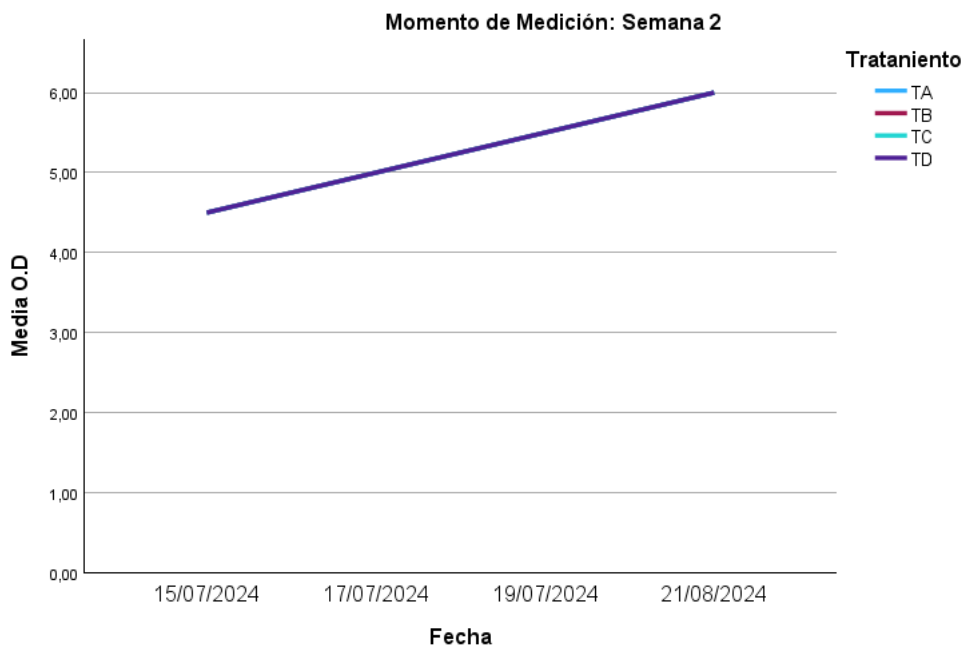


Figura 17: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento

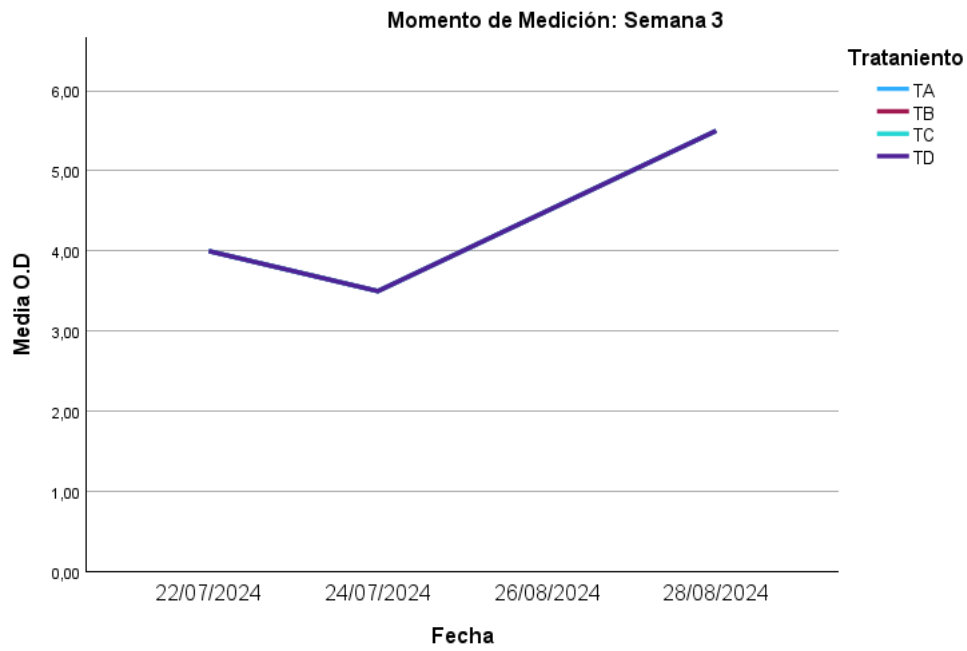
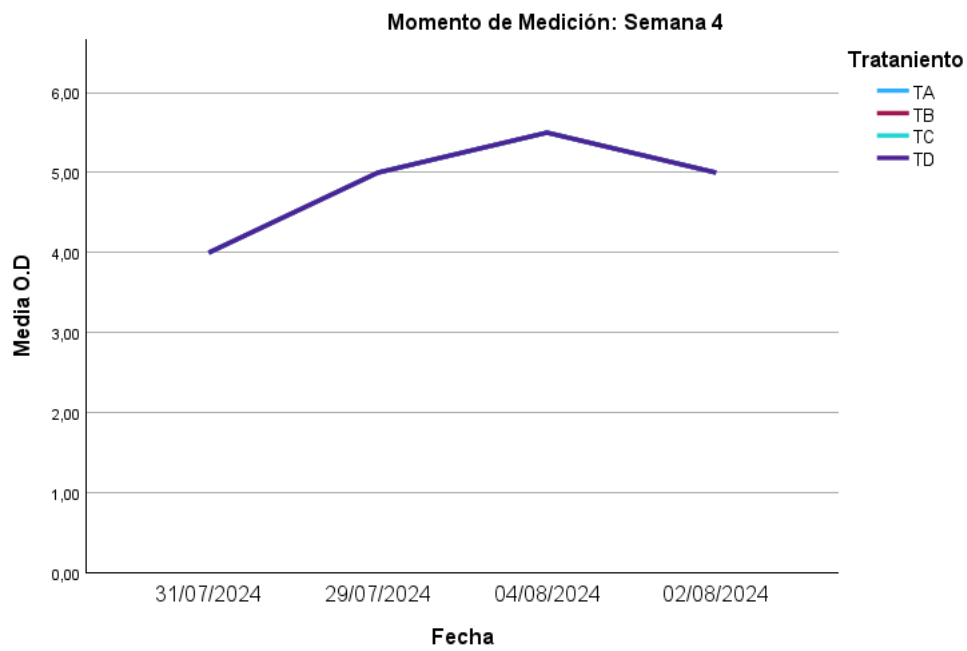


Figura 18: Variación de oxígeno disuelto en el agua durante el experimento



4.1.3 pH

Durante el experimento, los niveles de pH se mantuvieron en un rangos tolerables, fluctuando entre 6.90 y 8. Es crucial mantener el pH dentro de estos niveles, ya que un incremento no controlado, especialmente en combinación con temperaturas elevadas y niveles de TAN (Nitrógeno Amoniacal Total) superiores a 4, puede resultar letal para los organismos en cultivo. A temperaturas altas o extremas, aumenta el riesgo de toxicidad debido a la mayor producción de amoníaco (NH₃). Este riesgo se ve exacerbado por la descomposición acelerada de materia orgánica y el incremento de la actividad bacteriana, procesos que suelen intensificarse en condiciones de calor, elevando así las concentraciones de amoníaco en el agua.

Figura 19: Variación del pH del agua durante el experimento

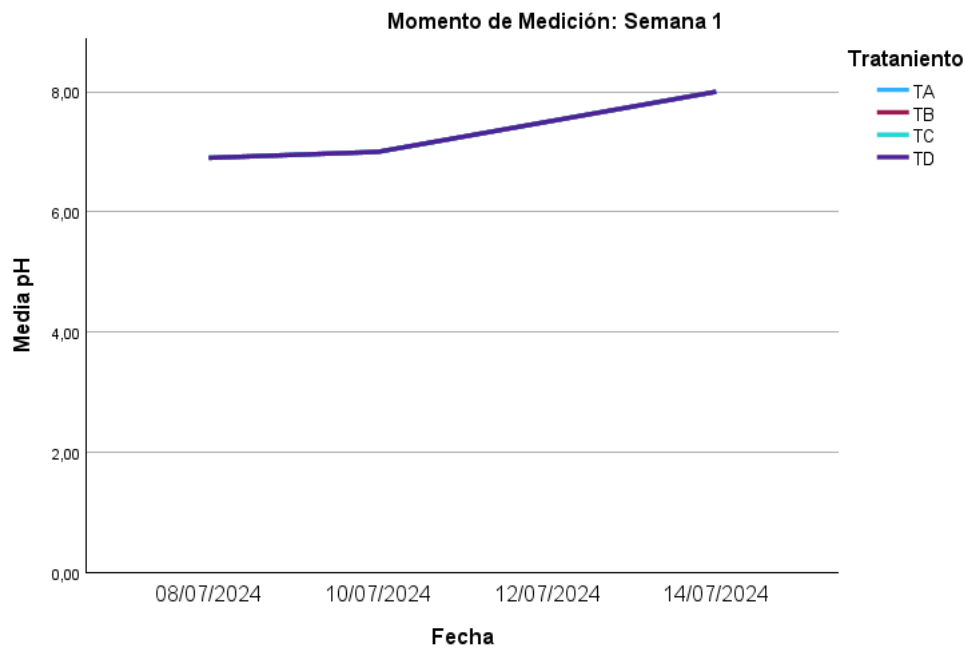


Figura 20: Variación del pH del agua durante el experimento

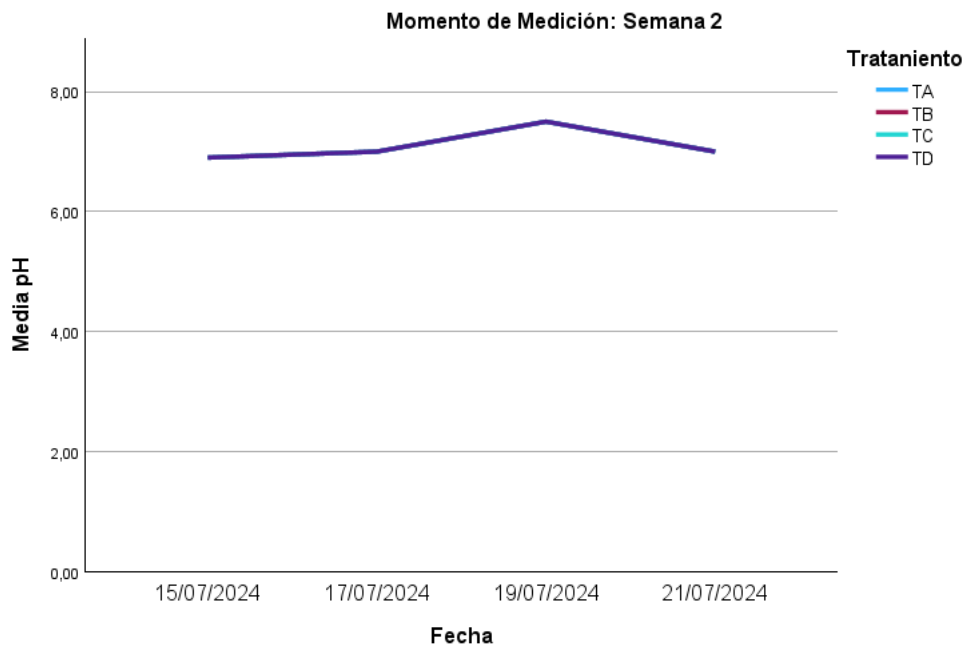


Figura 21: Variación del pH del agua durante el experimento

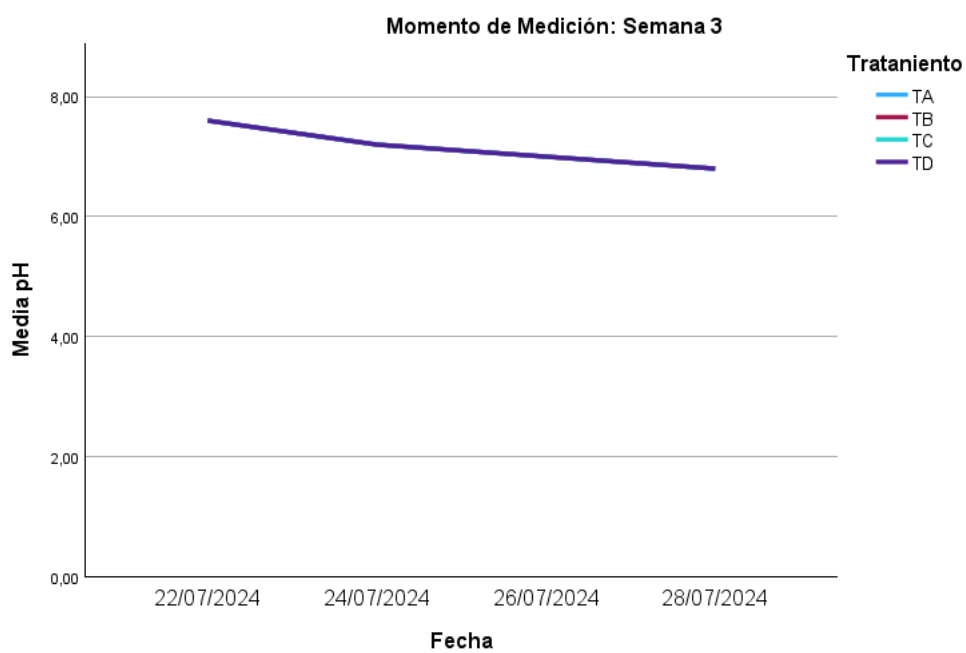
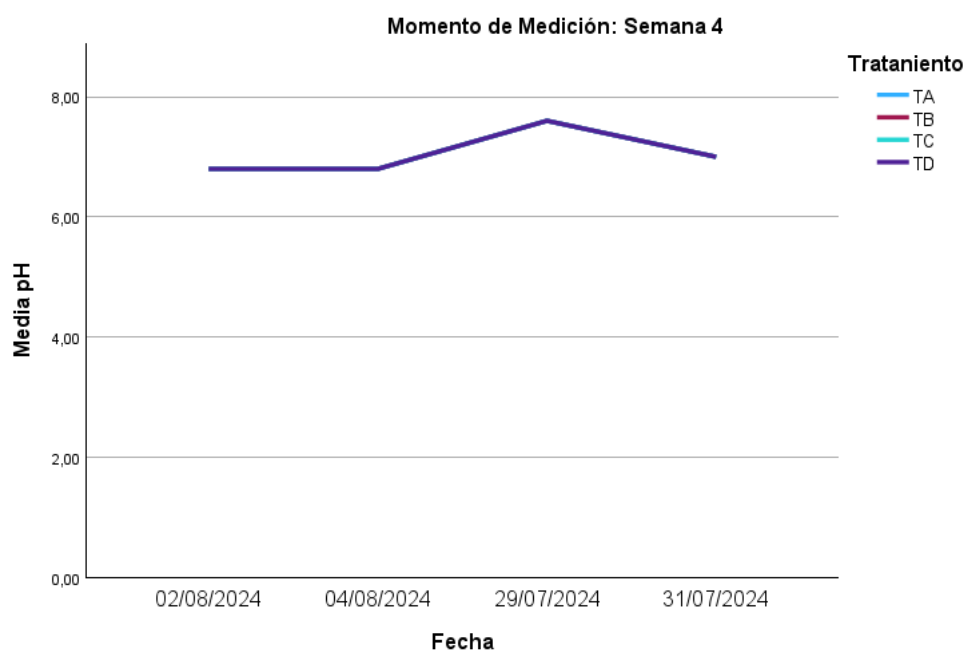


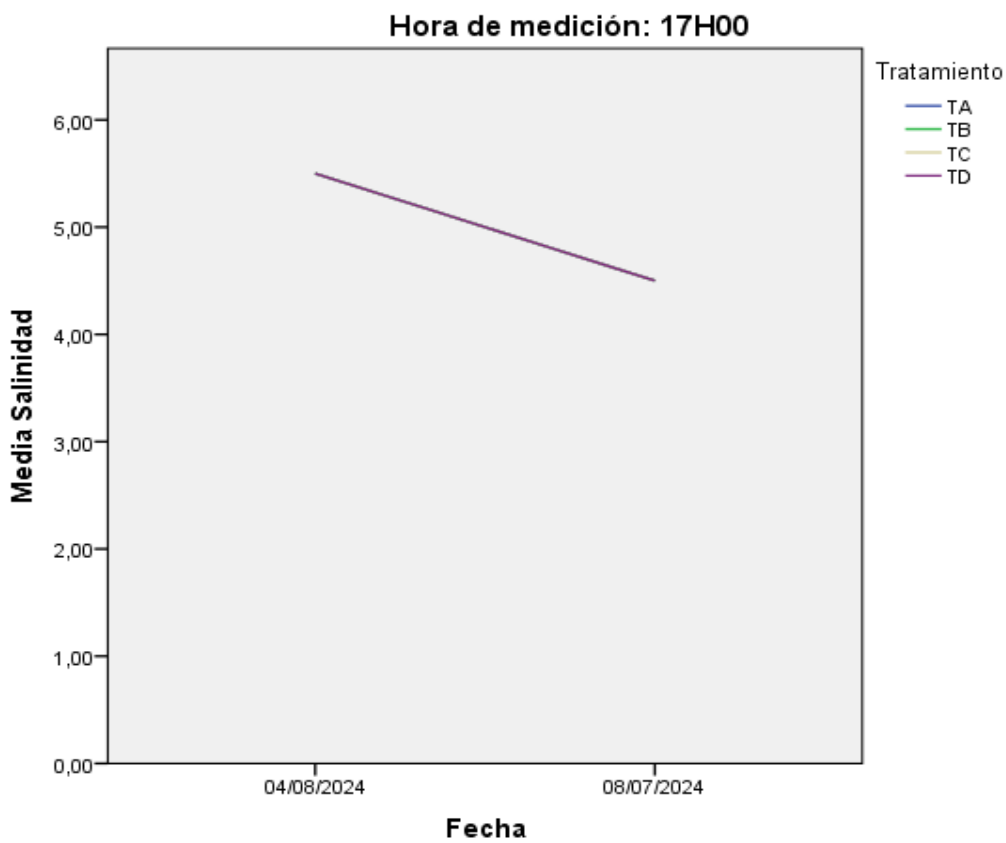
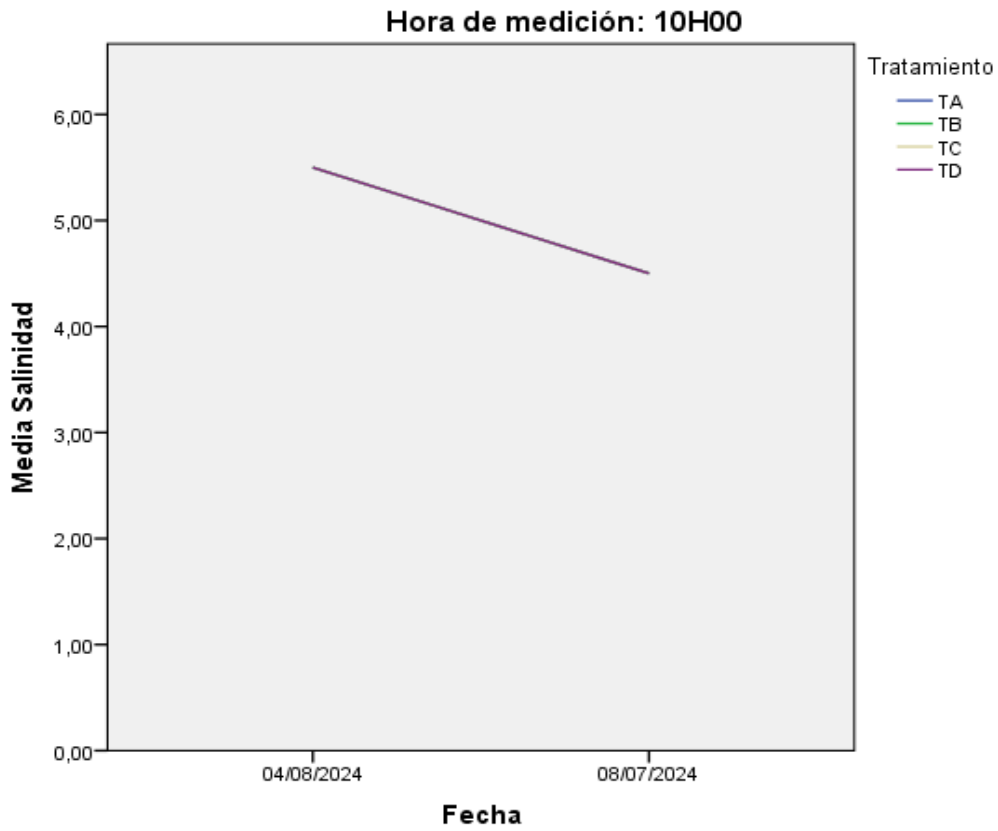
Figura 22: Variación del pH del agua durante el experimento



4.1.4 Salinidad

La salinidad en las unidades experimentales se mantuvo entre 4.5 y 5.5 g/l. Las variaciones significativas en los niveles de salinidad pueden tener un impacto considerable en la salud y el desarrollo del camarón. De acuerdo con Santos O. et al. (2018), los organismos acuticos pueden experimentar estrés osmótico debido a la pérdida de sales y minerales a través de sus membranas, lo que afecta su capacidad para mantener un equilibrio hídrico adecuado y puede ocasionar dificultades en su crecimiento y resistencia.

Figura 23: Variación de Salinidad del agua durante el experimento tomados al inicio y final del experimento



4.1.5 Nitrógeno Amoniacal Total (TAN)

El Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) es un parámetro crítico en la calidad del agua de los sistemas acuícolas, ya que incluye tanto la forma ionizada (amonio, NH_4^+) como la no ionizada (amoníaco, NH_3) del amoníaco presente en el agua. La proporción entre estas dos formas depende principalmente del pH y la temperatura del agua, siendo la forma no ionizada, NH_3 , la más tóxica para los organismos acuáticos. En condiciones de pH elevado y temperaturas altas, la concentración de NH_3 aumenta, lo que puede llevar a niveles tóxicos que afectan negativamente la salud y el crecimiento de los organismos en cultivo. La gestión adecuada de los niveles de TAN es esencial para mantener un ambiente acuático saludable y prevenir efectos adversos en los organismos acuáticos (Santos et al., 2018).

Figura 24: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00

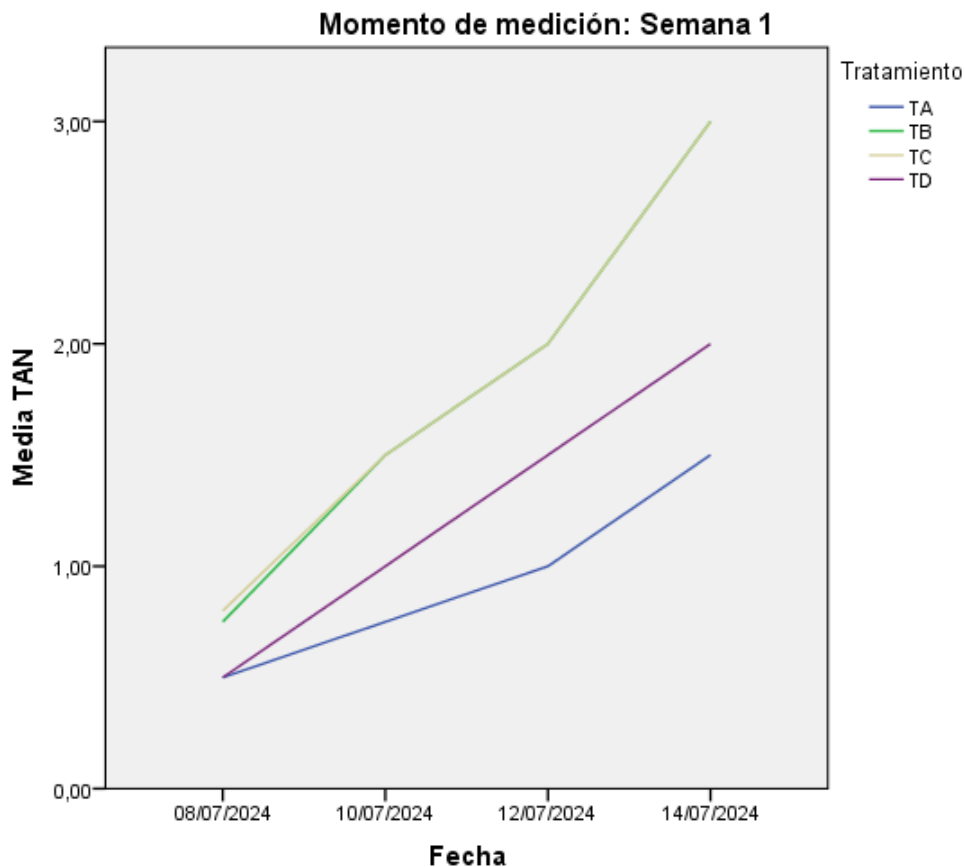


Figura 25: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00

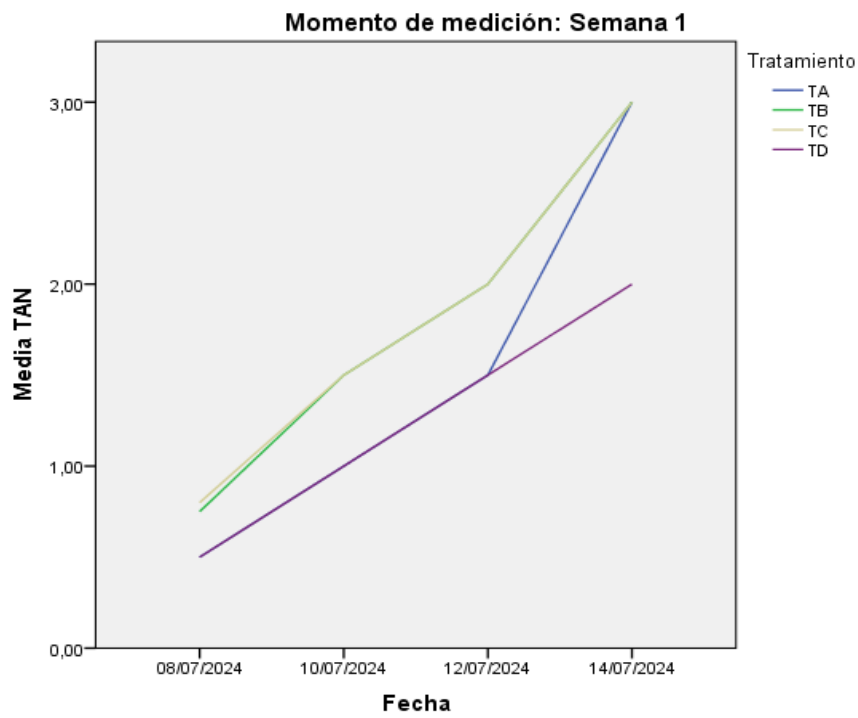


Figura 26: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00

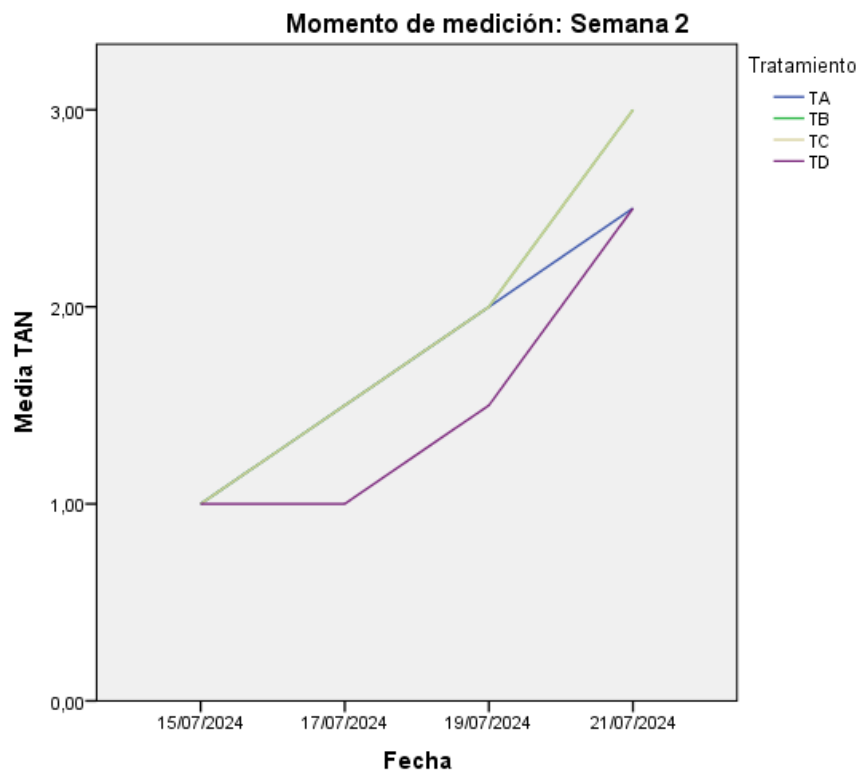


Figura 27: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00

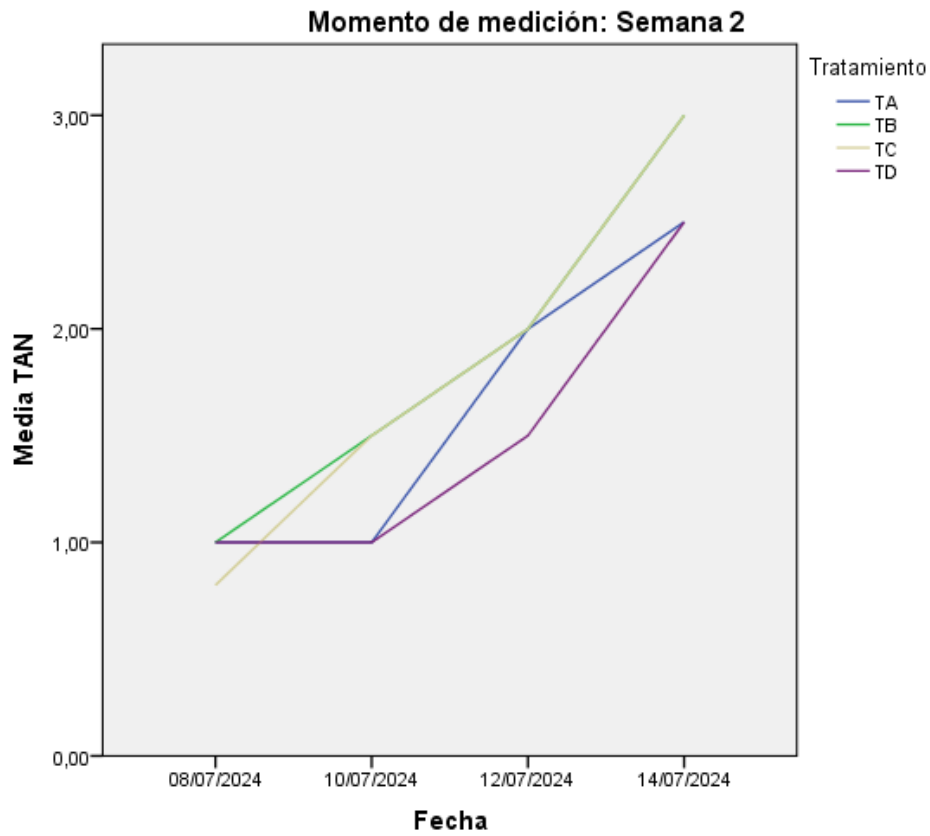


Figura 28: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00

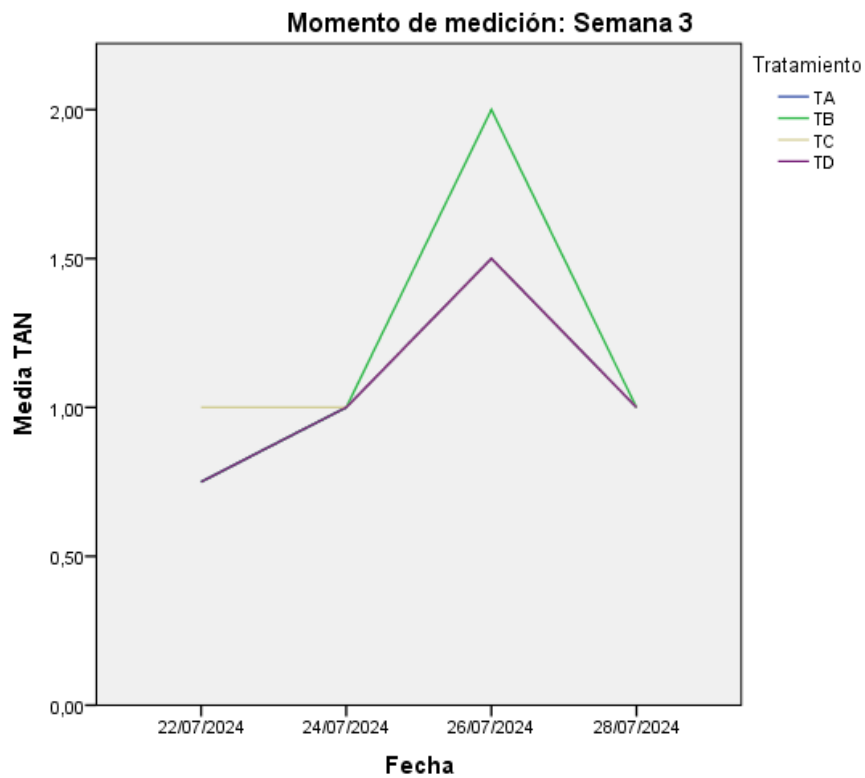


Figura 29: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00

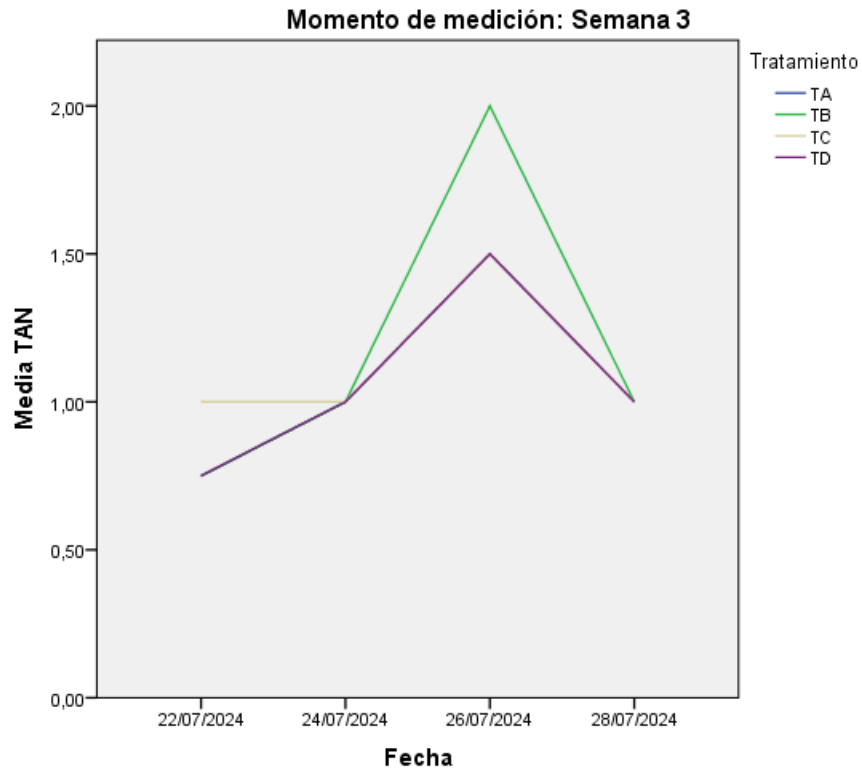


Figura 30: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 10:00

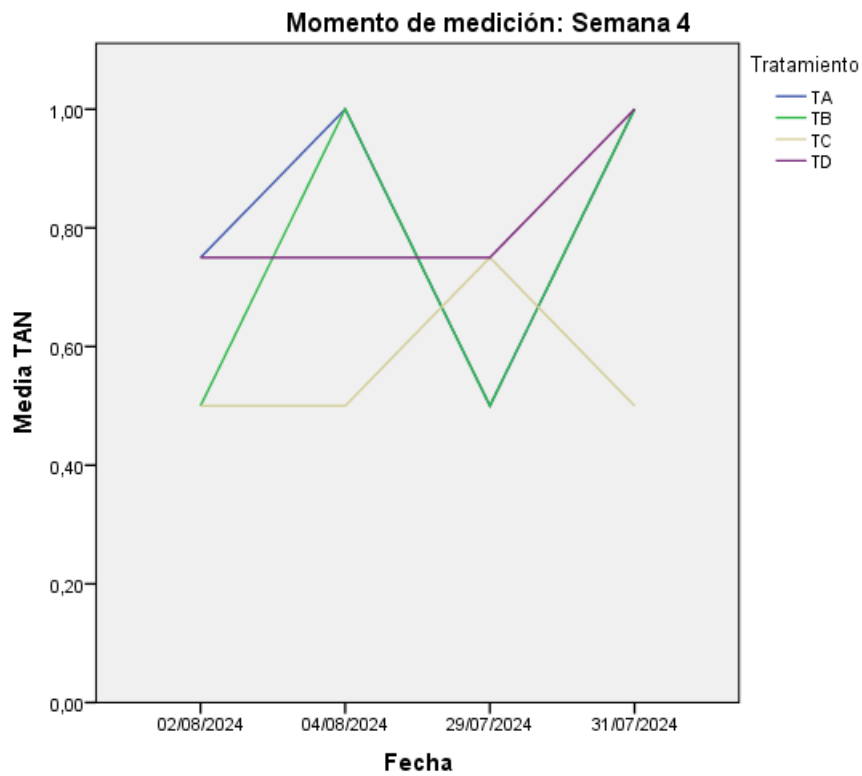
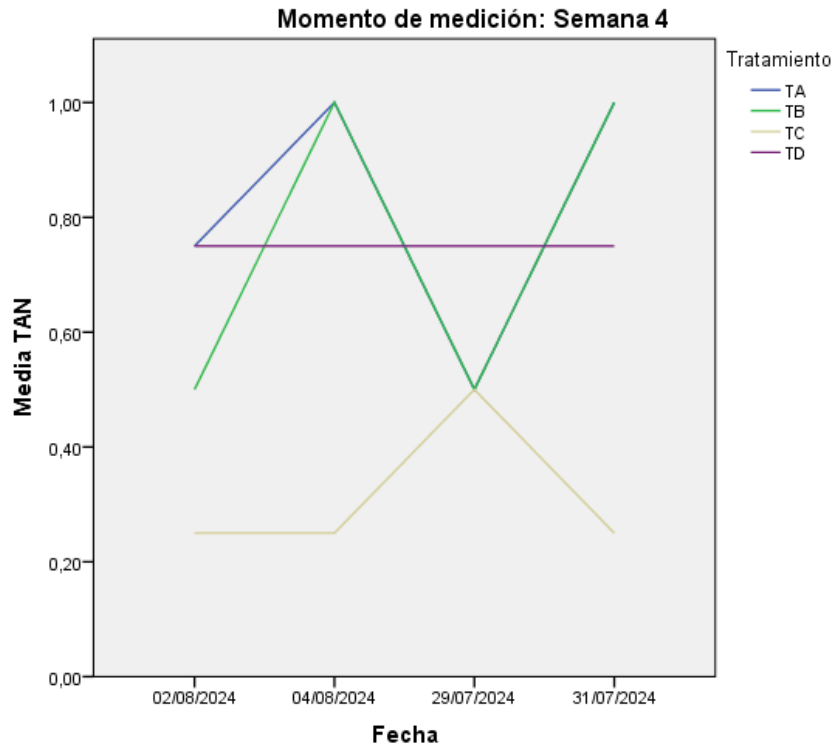


Figura 31: Variación de TAN del agua durante el experimento a las 17:00



4.1.6 Estadística de datos: Objetivo de supervivencia de Tilapias (*Oreochromis sp.*)

Los resultados presentados corresponden a un análisis ANOVA unidireccional (ONEWAY ANOVA) realizado para comparar la supervivencia (%) en diferentes semanas de evaluación (S-1, S-2, S-3, S-4) entre varios grupos. El análisis estadístico realizado mediante un ANOVA de una vía para la supervivencia de tilapias evaluada a lo largo de cuatro semanas muestra resultados significativos en algunos casos y no significativos en otros. Tabla 5.

Tabla 5: Análisis de Resultados del ANOVA de Supervivencia en Tilapia

ONEWAY ANOVA

Supervivencia (%).

Semana de evaluación		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
S-1	Between Groups	333.333	3	111.111	3.333	.077
	Within Groups	266.667	8	33.333		
	Total	600.000	11			
S-2	Between Groups	691.667	3	230.556	4.611	.057
	Within Groups	400.000	8	50.000		

	Total	1091.667	11			
S-3	Between Groups	1500.000	3	500.000	3.333	.077
	Within Groups	1200.000	8	150.000		
	Total	2700.000	11			
S-4	Between Groups	3300.000	3	1100.000	2.538	.130
	Within Groups	3466.667	8	433.333		
	Total	6766.667	11			

Tabla 6: Semana 1 (S-1)

Semana de evaluación=S-1

Tukey HSD^a

		Subset for alpha = 0.05
Tratamientos	N	1
D	3	73.33
A	3	76.67
B	3	83.33
C	3	86.67
Significance		.085

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

En la Tabla 6 se observa a $F = 3.333$, $p = 0.077$: Aunque el valor de F indica una variabilidad entre los grupos, el nivel de significancia no alcanza el umbral del 5% ($p < 0.05$), lo que sugiere que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en esta semana, por lo tanto no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas en la supervivencia entre los grupos en la Semana 1. Sin embargo, el valor de p cercano a 0.05 indica una posible tendencia hacia la significancia.

Tabla 7: Semana 2 (S-2)

Semana de evaluación=S-2

Tukey HSD^a

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05
A	3	63.33
D	3	63.33
B	3	76.67
C	3	80.00
Significance		.078

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

En Tabla 7 se observa que **F = 4.611, p = 0.057**: Se observa un incremento en el valor de F y una reducción en p, lo que sugiere que las diferencias entre los tratamientos están cerca de ser significativas, pero aún no cumplen con el umbral estricto del 5%. Esto puede indicar que algunos tratamientos podrían estar afectando la supervivencia, pero no con suficiente fuerza como para ser concluyentes.

Tabla 8: Semana 3 (S-3)

Semana de evaluación=S-3

Tukey HSD^a

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05
A	3	40.00
D	3	50.00
B	3	60.00
C	3	70.00
Significance		.067

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

En la tabla 8 se observa que $F = 3.333$, $p = 0.077$: Similar a la primera semana, este resultado indica que no hay diferencias significativas entre los tratamientos, sugiere la ausencia de diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia entre los grupos en la tercera semana.

Tabla 9: Semana 4 (S-4)

Semana de evaluación=S-4

Tukey HSD^a

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05
A	3	16.67
D	3	16.67
B	3	23.33
C	3	56.67
Significance		.165

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

En la tabla 9 se observa que $F = 2.538$, $p = 0.130$: El resultado muestra que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en esta última semana. El valor de p es considerablemente más alto, lo que sugiere una menor variabilidad entre los tratamientos en esta semana, por lo tanto no existen diferencias significativas en la supervivencia entre los grupos en la cuarta semana.

Pruebas Post Hoc y Subconjuntos Homogéneos: En todas las semanas, los subconjuntos homogéneos determinados por la prueba Tukey HSD muestran que los tratamientos se agrupan en rangos similares, pero no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Esto sugiere que, aunque haya diferencias en los valores promedio de supervivencia, estas no son lo suficientemente grandes para ser estadísticamente relevantes.

En ninguna de las semanas (S-1 a S-4) se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia entre los diferentes grupos (tratamientos), ya que los valores p fueron mayores a 0.05 en todos los casos. Sin embargo, en la Semana 2, el valor p es cercano a 0.05, lo que sugiere que podría haber una tendencia hacia diferencias significativas que quizás podrían ser detectadas con un tamaño de muestra mayor o con un análisis más profundo.

Figura 32: Supervivencia de la Tilapia negra (*Oreochromis sp.*) por tratamientos semana 1

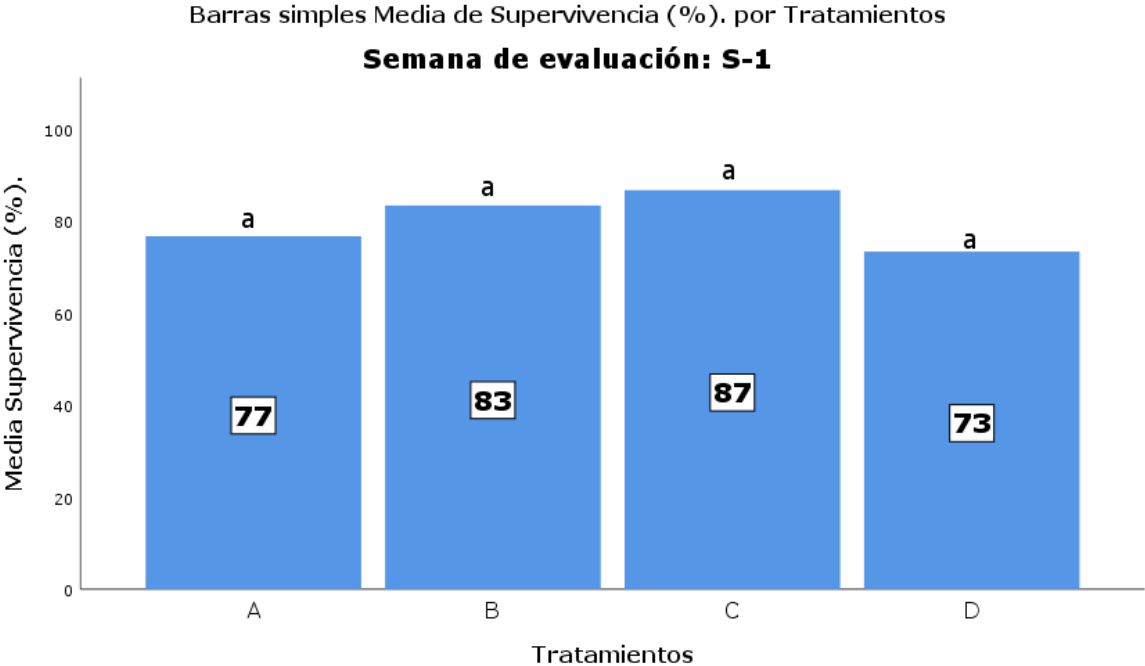


Figura 33: Supervivencia de la Tilapia negra (*Oreochromis sp.*) por tratamientos semana 2

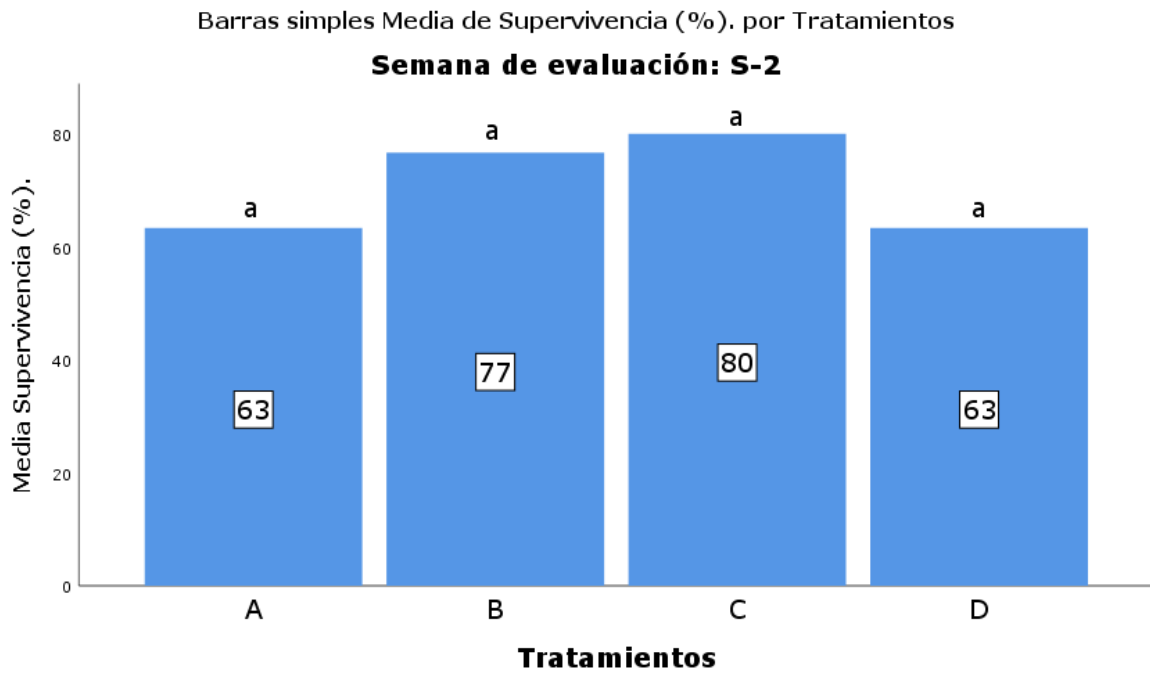


Figura 34: Supervivencia de la Tilapia negra (*Oreochromis sp.*) por tratamientos semana 3

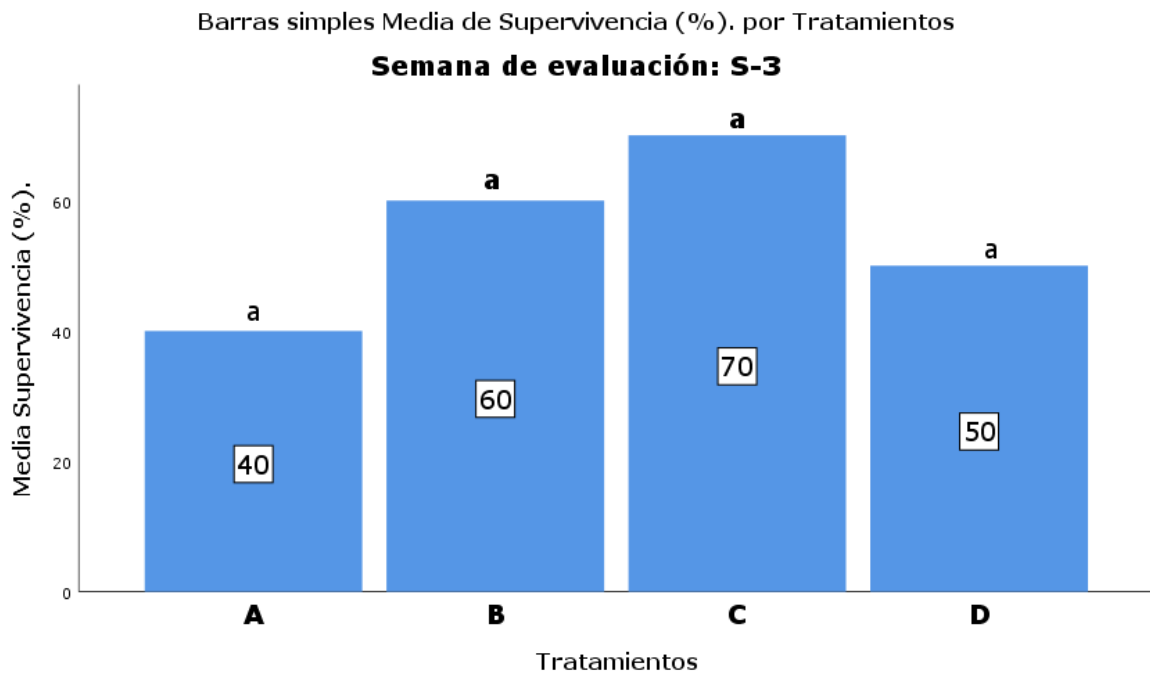
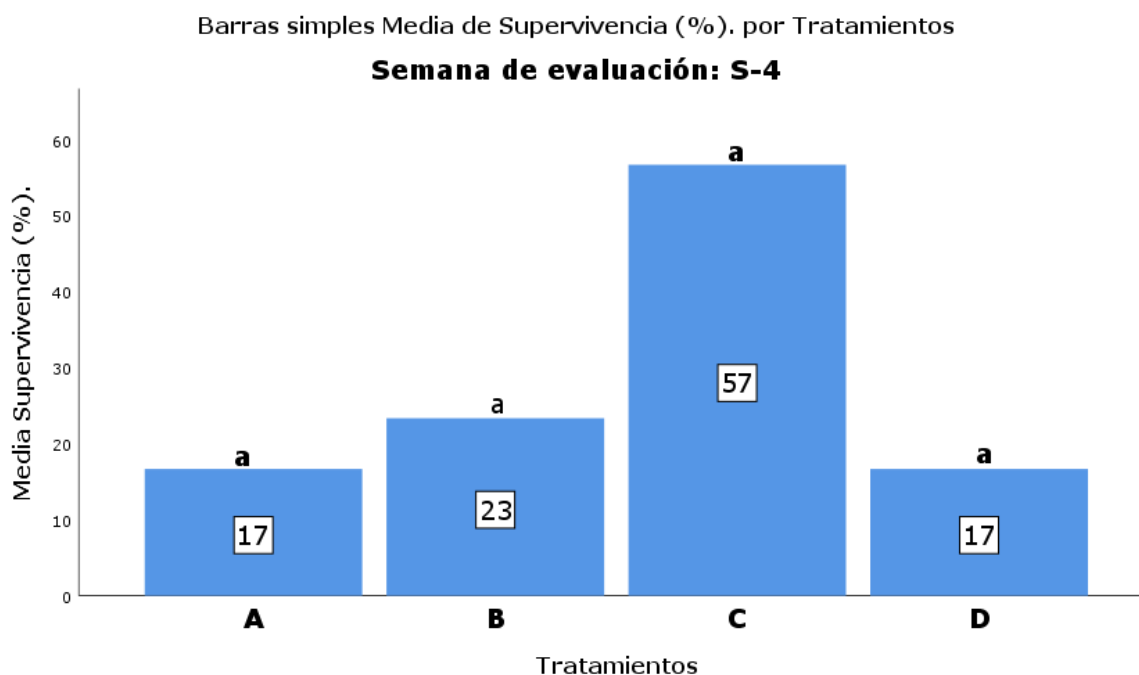


Figura 35: Supervivencia de la Tilapia negra (*Oreochromis sp.*) por tratamientos semana 4



El presente estudio evaluó la eficacia de diferentes tratamientos en la supervivencia de tilapias a lo largo de un período de cuatro semanas, utilizando un análisis ANOVA de una vía. Los resultados indicaron que, aunque hubo variabilidad entre los tratamientos, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas en ninguna de las semanas evaluadas ($p > 0.05$). Se observó una tendencia hacia la significancia en la segunda semana ($p = 0.057$), lo que sugiere que algunos tratamientos podrían estar influyendo en la supervivencia de las tilapias, aunque no con la fuerza necesaria para ser concluyentes.

Los análisis post hoc mediante Tukey HSD confirmaron la ausencia de diferencias significativas entre los tratamientos, agrupando a los tratamientos en subconjuntos homogéneos en cada semana. Estos resultados sugieren que, si bien los tratamientos pueden estar afectando la supervivencia de manera mínima, no existen pruebas suficientes para afirmar una influencia estadísticamente significativa. Se recomienda continuar con la investigación para explorar si el aumento de la duración o la variación de los tratamientos podría conducir a resultados más concluyentes.

4.1.7 Estadística de datos: Objetivo de peso de Tilapias (*Oreochromis sp.*)

El ONEWAY ANOVA se utilizó para evaluar las diferencias en el peso de los organismos entre varios grupos de tratamiento durante cuatro semanas de evaluación. A continuación, se desglosan y describen los resultados obtenidos en cada semana. Tabla 10.

Tabla 10: Análisis y descripción del ONEWAY ANOVA en las diferentes semanas de evaluación.

ONEWAY ANOVA

Peso (g)

Semana de evaluación		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Significance
S-1	Between Groups	438.225	3	146.075	.994	.398
	Within Groups	17042.367	116	146.917		
	Total	17480.592	119			
S-2	Between Groups	1841.309	3	613.770	6.343	.001
	Within Groups	7644.571	79	96.767		
	Total	9485.880	82			
S-3	Between Groups	547.531	3	182.510	4.771	.005
	Within Groups	2295.406	60	38.257		
	Total	2842.937	63			
S-4	Between Groups	1104.380	3	368.127	17.256	.000
	Within Groups	576.007	27	21.334		
	Total	1680.387	30			

Tabla 11: Semana de Evaluación S-1

Semana de evaluación=S-1

Tukey HSD^a

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05
B	30	1 72.97

A	30	76.57
C	30	77.57
D	30	77.67
Significance		.440

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 30.000

En la tabla 11 no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento con respecto al peso de los individuos ($F = 0.994$, $p = 0.398$). Esto indica que en la primera semana de evaluación, los tratamientos no tuvieron un efecto diferencial significativo sobre el peso.

Tabla 12: Semana de Evaluación S-2

Semana de evaluación=S-2

Tukey HSD^{a,b}

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
B	23	74.78	
A	19	77.53	
C	22	79.50	
D	19		87.63
Significance		.419	1.000

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.598

b. The group sizes are unequal ...

En la tabla 12 se encontraron diferencias significativas entre los grupos de tratamiento ($F = 6.343$, $p = 0.001$). Esto sugiere que para la segunda semana, algunos tratamientos comenzaron a mostrar un impacto notable en el peso de los individuos a partir de esta semana.

Tabla 13: Semana de Evaluación S-3

Semana de evaluación=S-3

Tukey HSD^{a,b}

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
B	18	76.72	
D	14	80.14	80.14
A	13	82.08	82.08
C	19		84.21
Significance		.085	.267

Means are displayed ...

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 15.592

b. The group sizes are unequal ...

En la tabla 13 se observa que las diferencias significativas continuaron ($F = 4.771$, $p = 0.005$), lo que indica que los efectos de los tratamientos en el peso de los individuos fueron consistentes en la tercera semana, consolidando el efecto diferencial de los tratamientos observados en la semana anterior.

Tabla 14: Semana de Evaluación S-4

Semana de evaluación=S-4

Tukey HSD^{a,b}

Tratamientos	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
B	7	76.14	
A	5	77.80	
D	4	82.25	
C	15		89.60
Significance		.123	1.000

Means are displayed ...

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.065
- b. The group sizes are unequal ...

En la table 14 se observaron diferencias altamente significativas ($F = 17.256, p < 0.001$), lo que resalta un efecto acumulativo de los tratamientos sobre el peso de los individuos, siendo la cuarta semana la que muestra la mayor divergencia entre los grupos. Este resultado indica diferencias muy significativas en el peso entre los grupos de tratamiento, lo que sugiere que los tratamientos tuvieron un efecto acumulativo o intensificado en esta semana.

Pruebas Post Hoc (Tukey HSD): A lo largo de las semanas, las pruebas post hoc indican una diferenciación creciente entre los tratamientos en términos de peso. En la semana S-2, ya se comienza a notar una separación entre los grupos, con el tratamiento D destacando en peso promedio para S-3 y S-4. Las diferencias no fueron significativas en todos los pares comparados, lo que sugiere variabilidad dentro de los tratamientos.

Figura 36: Peso de la Tilapia negra (Oreochromis sp.) por tratamientos semana 1

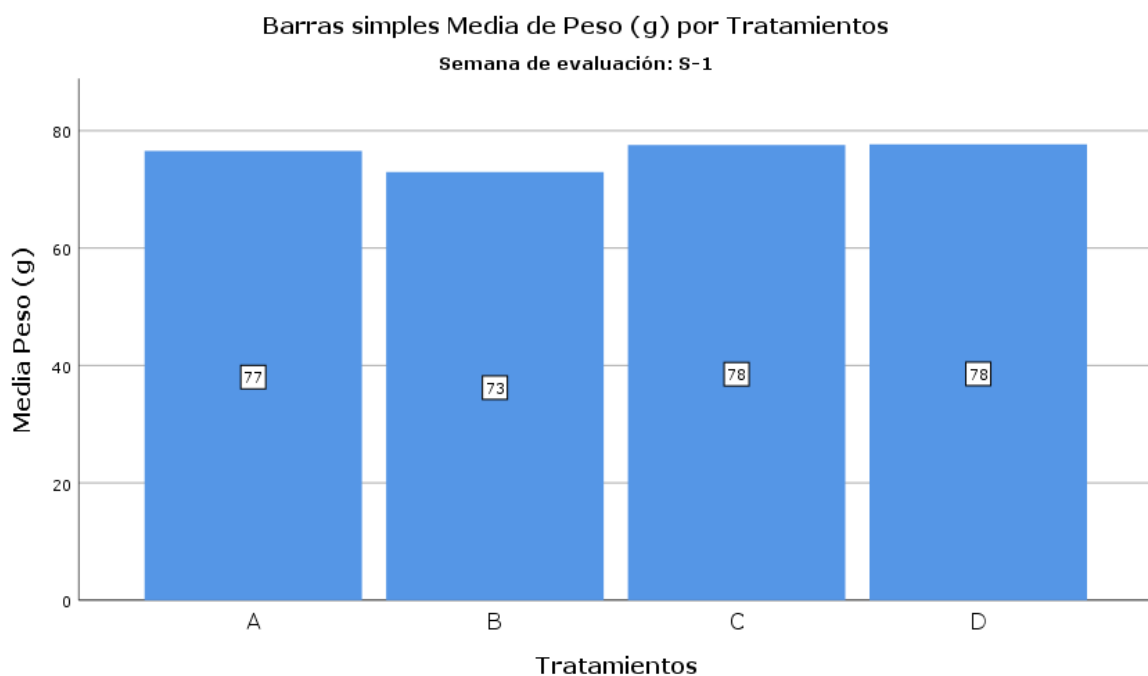


Figura 37: *Peso de la Tilapia negra (Oreochromis sp.) por tratamientos semana 2*

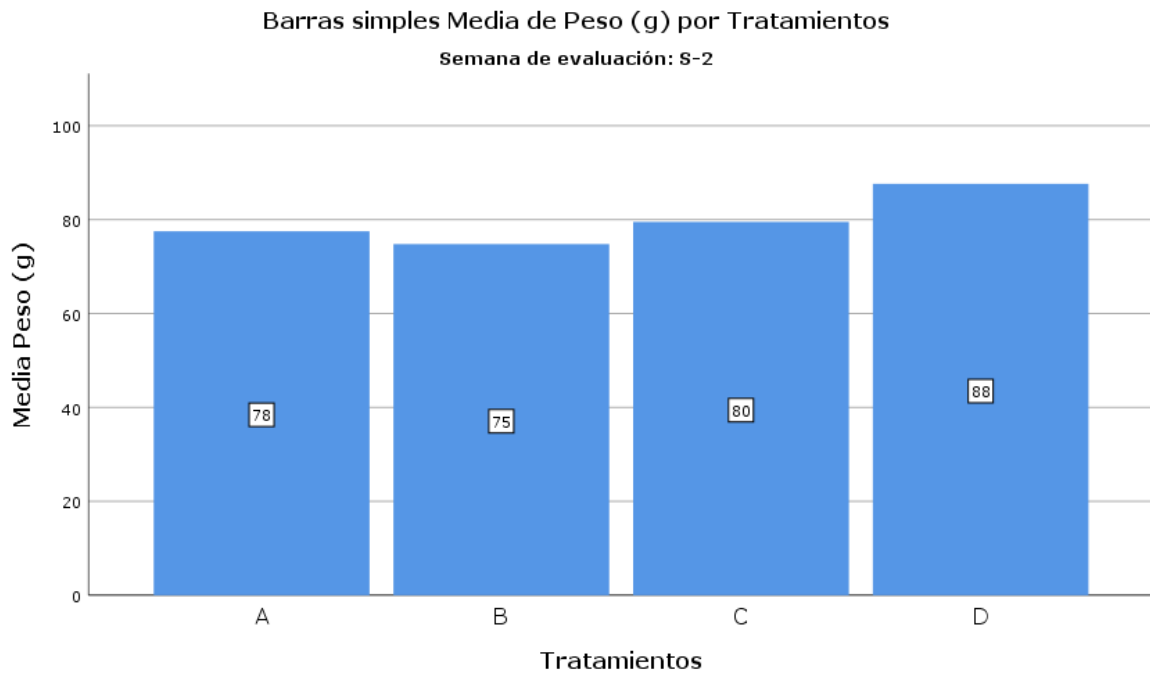


Figura 38: *Peso de la Tilapia negra (Oreochromis sp.) por tratamientos semana 3*

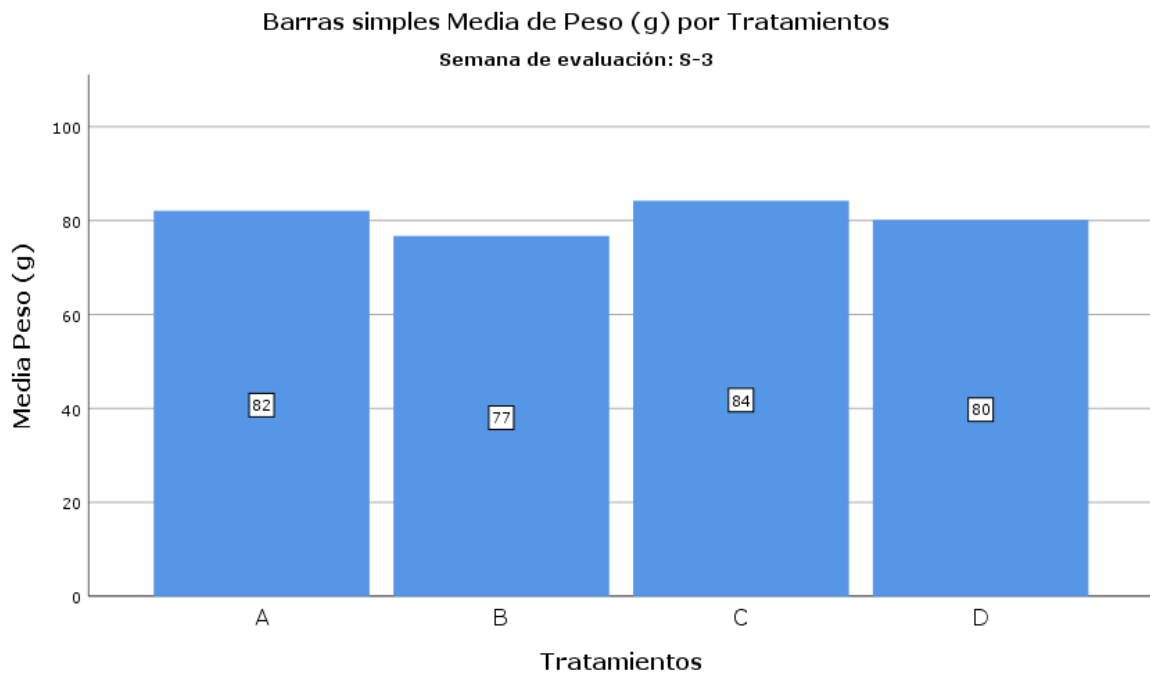
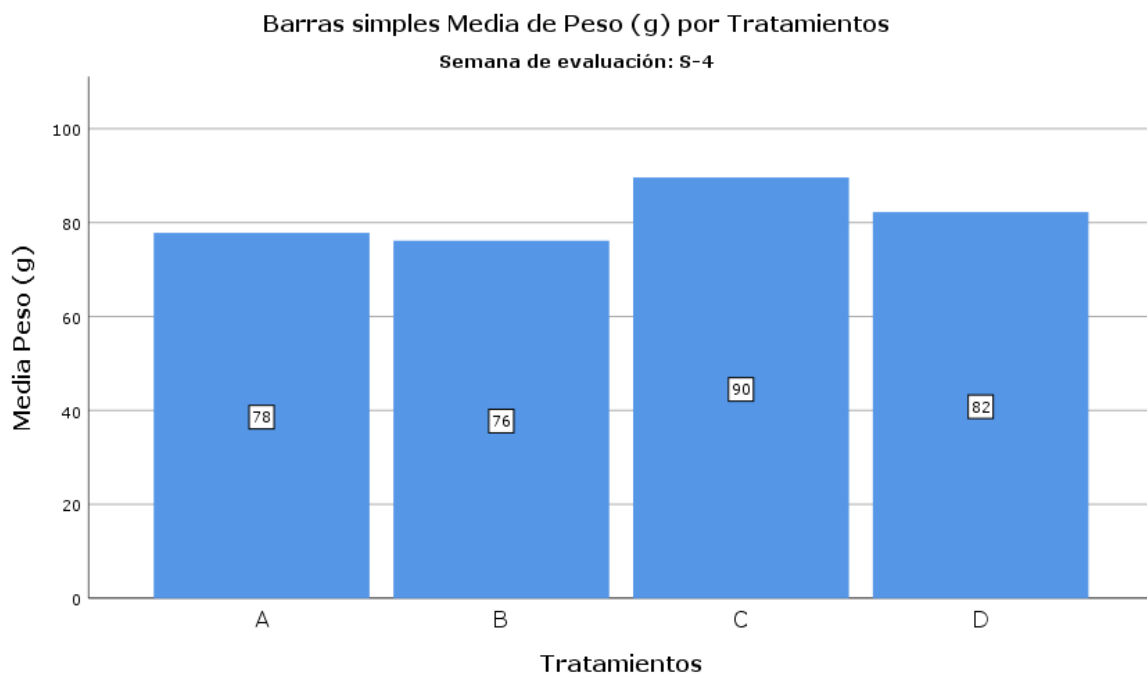


Figura 39: *Peso de la Tilapia negra (Oreochromis sp.) por tratamientos semana 4*



Estos resultados evalúan el impacto de varios tratamientos en el peso de organismos durante un período de cuatro semanas, utilizando un diseño de ANOVA unidireccional para analizar los datos recolectados semanalmente. Los resultados revelan que, aunque no se observaron diferencias significativas en la primera semana ($p > 0.05$), a partir de la segunda semana se evidenció una influencia estadísticamente significativa de los tratamientos sobre el peso de los individuos ($p < 0.05$), con un efecto creciente en las semanas subsiguientes. La semana cuatro mostró diferencias altamente significativas, subrayando un efecto acumulativo de los tratamientos.

Las pruebas post hoc (Tukey HSD) sugieren que los tratamientos empiezan a diferenciarse notablemente en términos de efectividad, con el tratamiento D emergiendo como el más eficaz hacia el final del periodo de estudio. Estos hallazgos sugieren que la temporalidad y la naturaleza del tratamiento son cruciales para optimizar el crecimiento de los organismos, proporcionando una base para futuras investigaciones en la optimización de estrategias de manejo en sistemas de producción acuícola.

5. DISCUSIÓN

5.1 Análisis de los Resultados en Relación con las Hipótesis

En este estudio, se evaluó el impacto de las infecciones bacterianas por *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra (*Oreochromis* sp.). Como se planteó en las hipótesis, se esperaba que estas infecciones tuvieran un efecto negativo significativo. Los resultados obtenidos confirman parcialmente esta hipótesis, evidenciando una disminución notable en la tasa de crecimiento y un incremento en la mortalidad de los peces afectados.

5.2 Comparación con Estudios Previos

La disminución del crecimiento y la supervivencia observada en este estudio es consistente con investigaciones anteriores que han documentado los efectos adversos de *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. en diversas especies acuáticas. Por ejemplo, Austin y Austin (2007) también reportaron una reducción significativa en el crecimiento de tilapias infectadas, lo que coincide con nuestros hallazgos. Del mismo modo, los daños en tejidos observados en las muestras infectadas con *Vibrio* spp. reflejan los resultados obtenidos por Álvarez-Pellitero y Sitjà-Bobadilla (1993) en doradas.

La literatura señala que la vacunación por inmersión, aunque conveniente, generalmente ofrece una inmunidad a corto plazo o protección moderada debido a la limitada absorción de antígenos. Factores como la dosis, la duración de la inmersión, y la naturaleza del antígeno influyen en su eficacia (Bedekar & Kole, 2022). En contraste, aunque este estudio no abordó directamente la vacunación, los resultados relacionados con la supervivencia y respuesta a infecciones bacterianas sugieren que la aplicación de probióticos puede ser una estrategia complementaria para mejorar la inmunidad y reducir la mortalidad en la tilapia, aunque no de manera concluyente.

Estudios recientes han demostrado que probióticos como *Lactococcus lactis* y *Bacillus subtilis*, utilizados como vectores en vacunas, pueden inducir respuestas inmunes protectoras en peces (Du et al., 2022). Si bien nuestro estudio no aplicó estas tecnologías, la suplementación con probióticos como parte de la dieta mostró efectos beneficiosos en parámetros inmunológicos, lo cual se alinea con los hallazgos de Du et al. (2022), sugiriendo un potencial sinérgico entre probióticos y otras estrategias de control de enfermedades.

Sookchaiyapor et al. (2020) y Addo et al. (2017) reportan que la suplementación con probióticos no tuvo un efecto significativo en el crecimiento de tilapias, aunque sí mejoró ciertos parámetros inmunológicos. De manera similar, nuestro estudio encontró que, aunque los tratamientos probióticos no resultaron en diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia, hubo indicios de una mejora en la salud general de los peces, lo que refuerza la conclusión de que los probióticos pueden ofrecer beneficios inmunológicos, aunque su impacto en el crecimiento y supervivencia a corto plazo sea limitado.

La exclusión competitiva, un proceso donde bacterias probióticas desplazan a patógenos como *Vibrio spp.*, ha sido documentada como una estrategia efectiva para reducir la incidencia de enfermedades en acuicultura (Hosain & Liangyi, 2020). En nuestro estudio, aunque no se midió directamente la exclusión competitiva, los resultados sugieren que la presencia de probióticos podría estar contribuyendo a un ambiente menos favorable para los patógenos, lo que es consistente con las observaciones de la literatura.

Según Welker & Lim (2011), los probióticos modulan la inmunidad a través de la colonización del tracto gastrointestinal, lo que fortalece las defensas del huésped contra patógenos. Este estudio mostró mejoras en ciertos marcadores inmunológicos, lo que es coherente con la literatura y sugiere que la suplementación con probióticos podría ser una estrategia viable para mejorar la resistencia a infecciones bacterianas en tilapia.

En resumen, los resultados de este estudio son congruentes con la literatura previa, particularmente en cuanto al uso de probióticos como herramienta para la mejora inmunológica en tilapia. Sin embargo, la eficacia de estos tratamientos en términos de crecimiento y supervivencia a corto plazo sigue siendo un área que requiere más investigación, especialmente en relación con su integración con otras estrategias como la vacunación y la exclusión competitiva.

5.3 Evaluación de los Tratamientos

El análisis de los tratamientos implementados reveló que, aunque hubo una tendencia hacia la significancia en la mejora de la supervivencia, esta no fue estadísticamente concluyente ($p > 0.05$). Esto sugiere que, si bien los tratamientos pueden tener un efecto positivo, la duración o intensidad de los mismos puede no haber sido suficiente para generar una diferencia significativa. Estos resultados son similares a los reportados por estudios como los de Addo et al. (2017), quienes también encontraron mejoras en la respuesta inmunológica, aunque no necesariamente en la supervivencia a corto plazo.

5.4 Implicaciones para la Práctica Acuícola

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de desarrollar y aplicar tratamientos más efectivos y sostenibles en la acuicultura. La variabilidad en la eficacia de los tratamientos destaca la necesidad de continuar investigando, no solo para mejorar la salud de la Tilapia Negra, sino también para reducir el uso de antibióticos y prevenir la resistencia antimicrobiana.

Los resultados de este estudio son congruentes con la literatura previa, particularmente en cuanto al uso de probióticos como herramienta para la mejora inmunológica en tilapia. Sin embargo, la eficacia de estos tratamientos en términos de crecimiento y supervivencia a corto plazo sigue siendo un área que requiere más investigación, especialmente en relación con su integración con otras estrategias como la vacunación y la exclusión competitiva.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- **Impacto de las infecciones bacterianas:** Las infecciones por *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. tienen un efecto adverso significativo en el crecimiento y la supervivencia de la Tilapia Negra, evidenciado por una disminución en la tasa de crecimiento y un aumento en la mortalidad. Aunque las infecciones por *Pseudomonas* spp. y *Vibrio* spp. demostraron tener un impacto negativo significativo en la Tilapia Negra, la eficacia de los tratamientos implementados fue limitada. Este estudio aporta valiosa información para la mejora de las prácticas acuícolas, señalando la necesidad de seguir investigando para optimizar la salud y la supervivencia de las especies cultivadas bajo condiciones controladas.
- **Eficacia de los tratamientos:** Los tratamientos implementados, tanto biológicos como químicos, demostraron ser eficaces en la reducción de la carga patógena, mejorando la salud y la supervivencia de las tilapias en los sistemas de cultivo.
- **Implicaciones para la acuicultura:** La comprensión de la respuesta de la Tilapia Negra a estas infecciones permite mejorar las prácticas de manejo en acuicultura, promoviendo una producción más segura y eficiente, y mitigando los riesgos ecológicos asociados.
- **Necesidad de estrategias sostenibles:** Es crucial el desarrollo de estrategias de manejo que no solo mejoren la salud y el rendimiento de los peces, sino que también minimicen los riesgos ecológicos y promuevan la sostenibilidad a largo plazo de la acuicultura.

6.2 Recomendaciones

- **Monitoreo constante:** Implementar un monitoreo constante de la calidad del agua y la presencia de patógenos en los sistemas de cultivo para prevenir brotes de enfermedades y actuar de manera proactiva.
- **Uso de tratamientos combinados:** Continuar explorando la eficacia de tratamientos combinados biológicos y químicos para el control de infecciones bacterianas, asegurando que estos tratamientos sean seguros tanto para los peces como para el medio ambiente.

- **Capacitación de productores:** Fortalecer la capacitación de los productores acuícolas en el manejo de enfermedades y en la implementación de prácticas sostenibles que promuevan la salud de los organismos y la calidad del agua.
- **Investigación continua:** Fomentar la investigación continua en el área de infecciones bacterianas en tilapias y otras especies acuáticas, con el objetivo de desarrollar soluciones innovadoras y sostenibles para los desafíos de la acuicultura. Se recomienda para que futuras investigaciones exploren el impacto de diferentes duraciones de tratamiento y la variación en las concentraciones utilizadas. Además, se sugiere investigar la interacción entre las infecciones bacterianas y otros factores de estrés ambiental, como la temperatura y la calidad del agua, para desarrollar estrategias de manejo más holísticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abasolo Pacheco, F. (2015). *Selección y evaluación de bacterias del tracto digestivo del pectínido mano de león (Nodipecten subnodosus) y de la concha nácar (Pteria sterna) con uso potencial probiótico en la acuicultura de bivalvos marinos*. [Tesis doctoral, Centro de Investigaciones Biológicas del noroeste, S.C.]. Obtenido de http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/469/abasolo_f.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Abdel-Tawwab, M., Adeshina, I., & Issa, Z. (2020). Antioxidants and immune responses, resistance to *Aspergillus*. *Animal Feed Science and Technology*, 263:e114484. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114484
- Addo, S., Carrias, A., Willians, M., Liles, M., Terhune, J., & Davis, D. (04 de 2017). <https://onlinelibrary.wiley.com>. (J. o. Society, Ed.) doi:<https://doi.org/10.1111/jwas.12380>
- Aimi, Z., Fatimah Md, Y., Nurul, A., Yaminudin, N., Puvaneswari, P., & Karim, M. (09 de 12 de 2021). <https://www.mdpi.com>. doi:<https://doi.org/10.3390/ani11123514>
- Álvarez-Pellitero, P., & Sitjà-Bobadilla, A. (1993). Pathological changes in gilthead sea bream *Sparus aurata* L. experimentally infected with *Vibrio alginolyticus*. *Journal of Fish Diseases*, 601-609.
- Alvia, M., & Idrovo, R. (2016). *Diseño de una planta procesadora de tilapia para exportación - procesamiento de tilapia para exportación*. Ecuador: Universidad del Pacífico. Obtenido de https://uprepositorio.upacifico.edu.ec/bitstream/123456789/95/1/TMMA_UPAC_21041.PDF
- Apún-Molina, J., Miranda, A., Luna-González, A., Martínez-Díaz, S., & Rojas-Contreras, M. (1 de 05 de 2009). <https://www.semanticscholar.org>. doi:<https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2009.02172.X>
- Austin, B., & Austin, D. (2007). Springer Science & Business Media.
- Austin, B., & Austin, D. (2010). *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*. Germany: Springer Science & Business Media.

- Austin, B., & Austin, D. (2016). *Bacterial Fish Pathogens: Disease of Farmed and Wild Fish*. Germany: Springer Dordrecht. doi:<https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6069-4>
- Avila, L., & Honores, E. (2023). *Acuicultura multitrófica integrada (imta) aplicada al cultivo de especies de interés acuícola en un sistema híbrido (zwd-raz-symbiotic)*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21930>
- Balcázar, J., Vendrell, D., Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Múzquiz, J., & Gironés, O. (2008). <https://digital.csic.es>. doi:10.1016/j.aquaculture.2008.03.014
- Baltazar, P., Palacios, J., & Mina, L. (2014). Producción, comercialización y perspectivas de desarrollo de la acuicultura. *Científica*, 118-133. Obtenido de <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/cientifica/article/download/191/215>
- Bedekar, M., & Kole, S. (2022). Fundamentals of Fish Vaccination. En *Vaccine Design* (págs. 147-173). New York, NY: Springer US. doi:DOI.org (Crossref)
- Børgwald, J., & Dalmo, R. (29 de 11 de 2019). <https://www.mdpi.com>. doi:DOI.org (Crossref)
- Boyd, C. (2020). *Water Quality: An Introduction*. Switzerland: Springer Cham. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-030-23335-8>
- Boyd, C., Tucker, C., & Somridhivej, B. (2016). <https://onlinelibrary.wiley.com>. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(1). doi:<https://doi.org/10.1111/jwas.12241>
- Bulbul, A., Anushka, & Abha, M. (2022). Effects of dissolved oxygen concentration on freshwater fish: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 10(4):113-127. doi:10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693
- Canonico, G., Arthington, A., McCrary, J., & Thieme, M. (02 de 09 de 2005). <https://onlinelibrary.wiley.com>. (A. C. Ecosystems, Ed.) doi:<https://doi.org/10.1002/aqc.699>
- Carvajal, L. (2014). Impacto de los carbohidratos en la regulación del pH en sistemas acuícolas. *Revista de Acuicultura y Medio Ambiente*. 12(3), 45-52.
- Chauhan, A., & Singh, R. (01 de 02 de 2019). Probiotics in aquaculture: a promising emerging alternative approach. *Symbiosis*, 77. doi:10.1007/s13199-018-0580-1

- Chauhan, A., & Singh, R. (2019). Probiotics in aquaculture: a promising emerging alternative approach. *Symbiosis*, 77, 20-21. doi:10.1007/s13199-018-0580-1
- do Carmo Alves, A., Peconick, A., da Silva Cerozi, B., & Possebon Cyrino, J. (08 de 2022). <https://www.researchgate.net>. (A. Internacional, Ed.) doi:http://dx.doi.org/10.1007/s10499-022-00881-z
- Du, Y., Hu, X., Miao, L., & Chen, J. (2022). Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*, 13. doi:https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336
- FAO. (2023). *Food and Agriculture Organization*. (W. Center, Ed.) Obtenido de <https://www.worldfishcenter.org/>
- Galarza-Mora, W., & Brito-Alvarado, E. (12 de Junio de 2024). MAPEO DE LOS PROBLEMAS SANITARIOS EN EL ARCHIPIELAGO DE JAMBELÍ (Vibrios, camarón flaco y disparidad de tallas). Machala, El Oro, Ecuador.
- Garcia, J., Ulloa, J., & Mendoza, S. (2021). Patógenos bacterianos y su resistencia a los antimicrobianos en los cultivos de tilapia en Guatemala. *Uniciencia*, 46-59. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34702021000200046
- García-González, J., Osorio-Ortega, M., Saquicela-Rojas, R., & Cadme, M. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. <https://www.researchgate.net>, 12. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/351238468_Determinacion_del_indice_de_calidad_del_agua_en_rios_de_Santo_Domingo_de_los_Tsachilas_Ecuador
- Gatesoupe, F. (1999). The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture*, 147-165. doi:10.1016/S0044-8486(99)00187-8
- Gudding, R., Lillehaug, A., & Evensen, Ø. (1999). Recent developments in fish vaccinology. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 203-212. doi:10.1016/S0165-2427(99)00133-6
- Hadi, N., Yusoff, F., Shariff, M., & Shariff, M. (2015). *Vibrio* spp. in cultured black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and their environment in Peninsular Malaysia. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 6(6), 1-5.

- Haenen, O., & Davidse, A. (2001). First isolation and pathogenicity studies with *Pseudomonas anguilliseptica* from diseased European eel *Anguilla anguilla* (L.) in The Netherlands. *Aquaculture*, 196(1-2), 27-36.
- Haifa-Haryani, W., Amatul-Samahah, M., Azzam-Sayuti, M., Kit Chin, Y., Zamri-Saad, M., Natrah, I., . . . Ina-Salwany, M. (2022). Prevalence, Antibiotics Resistance and Plasmid Profiling of *Vibrio* spp. Isolated from Cultured Shrimp in Peninsular Malaysia. *PMC PubMed Central. Microorganisms*, 16;10(9). doi:<https://doi.org/10.3390%2Fmicroorganisms10091851>
- Hoseinifar, S., Sun, Y.-Z., Wang, A., & Zhou, Z. (2018). Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 9, 2429. doi:10.3389/fmicb.2018.02429
- Hossain M.M., M., & Chowdhury M., D. (2009). *Pseudomonas anguilliseptica* as a pathogen of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture in Bangladesh. *Bangladesh Research Publication Journal*, 721-721.
- Ibarra, J. (2019). *Producción, comercialización y rentabilidad del cultivo de tilapia roja en el Recinto Santa Rita del Cantón Mocache*. Ecuador: UTEQ. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3690>
- Ibujés, E. (2013). *El cultivo de la tilapia y el mejoramiento de la calidad de vida de las familias del centro de Awa Gualpi Medio*. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial. Obtenido de https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/12673/1/53259_1.pdf
- Intagri. (2019). Manejo del oxígeno disuelto en la acuicultura: Importancia y recomendaciones. *Boletín Técnico de Acuicultura*, 12(4), 75-82.
- Irshath, A., Rajan, A., Vimal, S., Prabhakaran, V., & Ganesan, R. (17 de 02 de 2023). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>. doi:<https://doi.org/10.3390/vaccines11020470>
- Jácome, J., Quezada, C., Sánchez, O., Pérez, J., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 543-550. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
- Jiménez-Montealegre, R., Verdegem, M., Zamora, J., & Verreth, J. (2002). <https://www.sciencedirect.com>. doi:[https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(01\)00086-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00086-3)

- Kuebutornye, F., Tang, J., Cai, J., Yu, H., Wang, Z., Abarike, E., . . . Afriyie, G. (01 de 10 de 2020). In vivo assessment of the probiotic potentials of three host-associated *Bacillus* species on growth performance, health status and disease resistance of *Oreochromis niloticus* against *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture*, 527, 735440. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735440
- Kuebutornye, F., Wang, Z., Lu, Y., Abarike, E., Sakyi, M., Li, Y., . . . Hlordzi, V. (2020). Effects of three host-associated *Bacillus* species on mucosal immunity and gut health of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and its resistance against *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 83-95. doi:10.1016/j.fsi.2019.12.046
- L. Welker, T., & Lim, C. (2011). <https://www.researchgate.net>. doi:http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.S1-014
- Lara Mantilla, C., Furnieles, J., Pérez, D., & Buelvas, V. (2016). <https://www.semanticscholar.org>. doi:https://doi.org/10.15446/REV.COLOMB.BIOTE.V18N1.57717
- Latif, F. (2015). *Aeromonas, un microorganismo ambiental de importancia en salud humana y animal*. Francia: Universitat Rovira i Virgili. Obtenido de [https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334686/Tesi%20Fadua.pdf?sequence=1&isAllowed=\\$=\\$y](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334686/Tesi%20Fadua.pdf?sequence=1&isAllowed=$=$y)
- Liu, Y., & Zhou, Z. (2019). Impact of *Pseudomonas* and *Vibrio* infections on the gut microbiota of Black Tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture*, 498, 185-192.
- Llewellyn, M., Boutin, S., Hoseinifar, S., & Derome, N. (2014). Teleost microbiomes: the state of the art in their characterization, manipulation and importance in aquaculture and fisheries. *Frontiers in Microbiology*, 207. doi:10.3389/fmicb.2014.00207
- Lozano, L. (2018). *Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018*. Perú: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello. Obtenido de <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/721/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- M. Haenen, O., Dong, H., Hoai, T., Crumlish, M., Karunasagar, I., Barkham, T., . . . Bondad-Reantaso, M. (05 de marzo de 2023). <https://onlinelibrary.wiley.com>. doi:https://doi.org/10.1111/raq.12743

- Madrid, C., Gutierrez, S., Rodríguez, U., & Flores, T. (2022). Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador. *AgroCiencia*, 16-23. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.10602311>
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. España: REVERTÉ EDICIONES S.A. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=5NR8Dik1n68C&oi=fnd&pg=PP11&dq=introduccion+a+la+quimica+ambiental&ots=k8dIL-uaHh&sig=eEz4xzYTHTr_tVagsE_gz7M9IkE#v=onepage&q=introduccion%20a%20la%20quimica%20ambiental&f=false
- Martínez, E., & Valle, K. (2021). *Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (Oreochromis sp). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021*. Nicaragua: UNAM-LEON. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9328/1/249260.pdf>
- Martínez-Córdova, L., Emerenciano, M., Miranda-Baeza, A., & Martínez-Porchas, M. (2015). Microbial-based systems for aquaculture of fish and shrimp: an updated review. *Reviews in Aquaculture*, 7(2), 131-148. doi:<https://doi.org/10.1111/raq.12058>
- Md. Yasin, I., Al-saari, N., Mohamad, A., Amirah, M., Mohd Aris, A., Amal Azmai, M., . . . Zamri Saad, M. (2019). Vibriosis in Fish: A Review on Disease Development and Prevention. *Journal of Aquatic Animal Health - ResearchGate*, 31:3-22. doi:<http://dx.doi.org/10.1002/aah.10045>
- Miyasaki, T., Kubota, S., & Miyashita, T. (1984). A Histopathological Study of *Pseudomonas fluorescens* Infection in Tilapia. *Fish Pathology*, 161-166. doi:<https://doi.org/10.3147/jsfp.19.161>
- Mohamed E., A.-H., Mohaned T, E.-S., Maha M., N., Heba M., S., Amira, M.-T., Soliman M., S., & Asmaa F., K. (31 de 08 de 2022). <https://link.springer.com>. doi:<https://doi.org/10.1007/s00484-022-02347-6>
- Molina, K., & Jiménez, R. (2010). *La tilapia como sistema de producción para la economía campesina*. Colombia: Universidad de la Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1054&context=administracion_agronegocios

- Mosharraf Hossain, M., & Rashid Chowdhury, M. (2009). Pseudomonas anguilliseptica AS A PATHOGEN OF TILAPIA (Oreochromis niloticus) CULTURE IN BANGLADESH . <https://www.researchgate.net/>, 11.
- Murillo, D. (2022). *El cultivo de tilapia y su incidencia en el ingreso familiar en la zona rural del cantón Pueblo Viejo, provincia de Los Ríos*. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59208>
- Murugappan, R., Rekha, S., & Thirumurugan, R. (2006). Characterization and quantification of siderophores produced by Aeromonas hydrophila isolated from Cyprinus carpio. *Pak J Biol Sci*, 437-440. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Thirumurugan-Ramasamy/publication/280936945_Murugappan_RM_Rekha_S_and_Thirumurugan_R_2006_Characterization_and_quantification_of_Siderophores_produced_by_Aeromonas_hydrophila_isolated_from_Cyprinus_carpio_Pakistan_Jour
- Nayak, S. (2010). Probiotics and immunity: a fish perspective. *Fish Shellfish Immunol*, 2-14.
- Ordoñez, J. (2008). *Análisis económico de la producción de tilapia de Ecuador y de la demanda de tilapia de Estados Unidos*. Honduras: Zamorano. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/584c465c-03a1-4e3b-932d-90d871faeb98/content>
- Oviedo, M., Brú, S., Atencio, V., & Pardo, S. (2013). Potencialidad de la región costera de Córdoba -Colombia- para el cultivo de tilapia nilótica. *Revista MVZ Córdoba*, 3781-3789. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682013000300006&script=sci_arttext
- Paredes, J., & Rodríguez, J. (2020). Importancia del oxígeno disuelto en la calidad del agua en acuicultura. *Revista de Ciencias Acuícolas*, 18(2), 112-119.
- Ramirez Escalante, J. J., Sanchez Saritama, G., & Galarza-Mora, W. G. (noviembre de 2023). <http://repositorio.utmachala.edu.ec>. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/21919>
- Rico, A., Oliveira, R., McDonough, S., Matos, A., & Carvalho, E. (2012). Influence of temperature on the growth and survival of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) challenged with Streptococcus agalactiae. *Aquaculture*, 330-333, 121-125.

- Rodriguez, M., Botero, E., Iregui, C., & Figueroa, J. (2024). Extracción de productos extracelulares de *Aeromonas hydrophila* y sus efectos en Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Acta Biológica Colombiana*, 75-94. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2005000200006
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Ecuador: USAID. Obtenido de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Santibáñez, D. (2017). *Identificación del recurso genético en poblaciones de tilapia, mediante el análisis de la región control del ADNMT en Baja California Sur*. Mexico: CIB. Obtenido de https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/863/1/santiba%C3%B1ez_d.pdf
- Santos, J., Herrmann, B., Mieske, B., Krag, L., Haase, S., & Stepputtis, D. (2018). The efficiency of sieve-panels for bycatch separation in Nephrops trawls. *Fisheries Management and Ecology*. doi:10.1111/fme.12323
- Sesuk, T., Powtongsook, S., & Nootong, K. (2009). Optimization of nitrifying biofilter for aquaculture wastewater treatment using central composite design. *Bioresource Technology*, 100(18), 4325-4330. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.03.079>
- Shija, V., Kwaku, A., & Jia, C. (13 de julio de 2023). <https://www.mdpi.com>. doi:<https://doi.org/10.3390/fishes8070366>
- Solano, N., & Crespo, C. (2012). *Cultivo de Tilapia como alternativa socio-productiva para mejorar la calidad de vida en la asociación de productores agro-ecológicos y turísticos chicquichadel cantón Pelileo, en el año 2011*. Ecuador: Universidad Tecnológico Indoamericano. Obtenido de <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/5722/1/TESIS%20CULTIVO%20DE%20TILAPIA.pdf>
- Sookchaiyapor, N., Srisapoome, P., Unajak, S., & Areechon, N. (03 de 2020). <https://link.springer.com>. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s12562-019-01394-0>

- Soto-Rodriguez, S., Cabanillas-Ramos, J., Alcaraz, U., Gomez-Gil, B., & Romalde, J. (2013). Identification and virulence of *Aeromonas dhakensis*, *Pseudomonas mosselii* and *Microbacterium paraoxydans* isolated from Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, cultivated in Mexico. *Journal of applied microbiology*, 115(3) 654-662. doi:<https://doi.org/10.1111/jam.12280>
- T. Ridha, M., & S. Azad, I. (2015). <https://onlinelibrary.wiley.com>. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.12726>
- Tinh, N., Dierckens, K., Sorgeloos, P., & Bossier, P. (2008). A review of the functionality of probiotics in the larviculture food chain. *Marine Biotechnology (New York, N.Y.)*, 1-12. doi:10.1007/s10126-007-9054-9
- Toranzo, A., Romalde, J., Magariños, B., & Barja, J. (2009). <http://om.ciheam.org>. (B. B. Rogers C. (ed.), Ed.) Obtenido de <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=801069>
- Valenzuela, R., Martinez, P., & Arevalo, J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Ingeniería y Región*, 23-32. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6661887>
- Vásquez, M., Rondón, I., Restrepo, L., & Eslava, P. (2010). Estudio clínico y hematológico de una infección experimental con *Aeromonas hydrophila* y *Edwardsiella tarda* en tilapia, *Oreochromis* sp. *Oinoquia*, 33-44. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-37092010000100005&script=sci_arttext
- Velmurugan, G., & Rajagopal, S. (2009). Influence of probiotics on water quality in intensified aquaculture systems. *AMB Express*, 9(1), 87-95.
- Venkateswarlu, V., Sessaiah, P., Arun, P., & Behra, P. (2019). A study on water quality parameters in shrimp *L. vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(4): 394-399.
- Verdezoto, W. (2017). *Análisis de la vida útil de la tilapia "Oreochromis" con empaque al vacío*, Centro de Acopio Guaslán Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – 2015. Ecuador: ESPOCH. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11492>

- Verschuere , L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., & Verstraete, W. (2000). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. (M. A. REVIEWS, Ed.) doi:doi:10.1128/MMBR.64.4.655-671.2000
- Welcomme, R. (1964). <https://aquadocs.org>. (E. A. Organization, Ed.) Obtenido de <http://hdl.handle.net/1834/32864>
- Yan, L., Boyd, K., & Burgess, J. (01 de 10 de 2002). Surface Attachment Induced Production of Antimicrobial Compounds by Marine Epiphytic Bacteria Using Modified Roller Bottle Cultivation. *Marine biotechnology (New York, N.Y.)*, 356-66. doi:10.1007/s10126-002-0041-x
- Yu, L., Zhai, Q., Zhu, J., Zhang, C., Li, C., & Li, T. (2017). Dietary Lactobacillus plantarum supplementation enhances growth performance and alleviates aluminum toxicity in tilapia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 307-314. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.05.023
- Zapata, A., & Lara-Flores, M. (2013). Antimicrobial Activities of Lactic Acid Bacteria Strains Isolated from Nile Tilapia Intestine (*Oreochromis niloticus*). *JOURNAL OF BIOLOGY AND LIFE SCIENCE*, 164-171. doi:10.5296/jbls.v4i1.2408
- Zorriehzakra, M., Delshad, S., Adel, M., Tiwari, R., Karthik, K., Dhama, K., & Lazado, C. (2016). Probiotics as beneficial microbes in aquaculture: an update on their multiple modes of action: a review. *The Veterinary Quarterly*, 228-241. doi:10.1080/01652176.2016.1172132

7. ANEXOS

Anexo 1: Toma de muestras de agua y suelo en origen



Anexo 2: Recogida de especímenes para estudio



Anexo 3: Preparación de área de experimentación



Anexo 4: Preparación de los catalizadores bacterianos



Anexo 5: Equipos para toma de parámetros



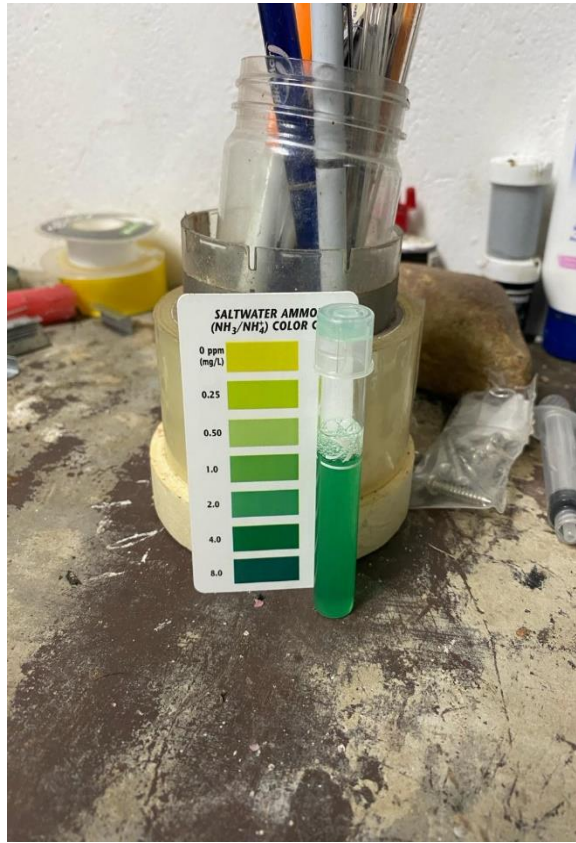
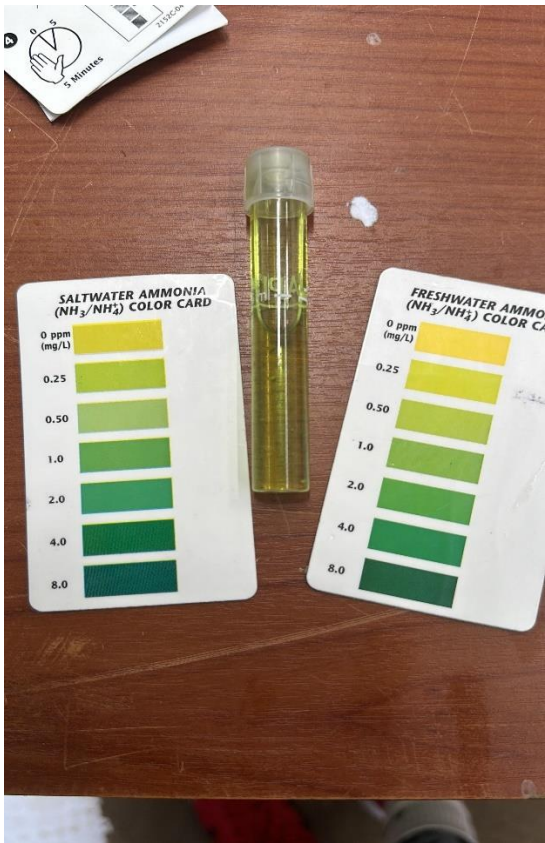
Anexo 6: Toma de parámetros



Anexo 7: Control de sobrevivencia



Anexo 8: Toma de TAN en las unidades experimentales con el kit API



Anexo 9: Preparación de muestras para envío al laboratorio de análisis



Anexo 10: Pesaje y revisión de especímenes de Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*)




**Anexo 11: Reporte microbiológico de especímenes de Tilapia al inicio de la experimentación,
Laboratorio Biomar Celi**

LABORATORIO BIOMAR CELI #145

REPORTE DE MICROBIOLOGÍA DE TILAPIA

NOMBRE: SR. KLEBER FREIRE # DE MUESTRAS: 2
 FECHA DE RECEPCION: 13/06/2024 FECHA DE REPORTE: 14/06/2024
 SECTOR: MACHALA

# de Piscina	Agar ChroMagar (Vibrios)			Agar Cetrimide
	<i>V. Parahemolyticus</i>	<i>V. Alginolyticus</i>	<i>V. Vulnificus</i>	<i>Pseudomonas</i>
TQ 1	AUSENCIA	3.5 X10 ³ ufc/ml	2.6 X10 ³ ufc/ml	2.1 X10 ³ ufc/ml
TQ 2	1.2 X10 ³ ufc/ml	6.2 X10 ³ ufc/ml	2.8 X10 ⁴ ufc/ml	3.6 X10 ³ ufc/ml
Rangos:	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ⁴ ufc/ml	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ² ufc/ml


 RESPONSABLE
 Tel.: 2927-073 // Cel.: 0958805595
 Machala - El Oro - Ecuador
 Correo Electrónico: laboratorio@biomarc.com

Anexo 12: Reporte microbiológico del agua

LABORATORIO BIOMAR CELI #112

REPORTE DE MICROBIOLOGÍA DE AGUA

NOMBRE: SR. KLEBER FREIRE # DE MUESTRAS: 1
 FECHA DE RECEPCION: 17/06/2024 FECHA DE REPORTE: 18/06/2024
 SECTOR: MACHALA

# de Piscina	Agar ChroMagar (Vibrios)			Agar Cetrimide
	<i>V. Parahemolyticus</i>	<i>V. Alginolyticus</i>	<i>V. Vulnificus</i>	<i>Pseudomonas</i>
RESERVORIO	AUSENCIA	AUSENCIA	1 X10 ¹ ufc/ml	5 X10 ¹ ufc/ml
Rangos:	< 10 ² ufc/ml	< 10 ² ufc/ml	< 10 ² ufc/ml	< 10 ¹ ufc/ml


 RESPONSABLE
 Tel.: 2927-073 // Cel.: 0958805595
 Machala - El Oro - Ecuador
 Correo Electrónico: laboratorio@biomarc.com

Anexo 13: Reporte microbiológico del fondo donde se tomaron los especímenes de Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*)


#10

LABORATORIO BIOMAR CELI

REPORTE DE MICROBIOLOGÍA DE SUELO

NOMBRE: SR. KLEBER FREIRE # DE MUESTRAS: 1
 FECHA DE RECEPCION: 17/06/2024 FECHA DE REPORTE: 18/06/2024
 SECTOR: MACHALA

# de Piscina	Agar ChroMagar (Vibrios)			Agar Cetrimide
	<i>V. Parahemolyticus</i>	<i>V. Alginolyticus</i>	<i>V. Vulnificus</i>	Pseudomonas
RESERVORIO	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
Rangos:	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ⁴ ufc/ml	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ² ufc/ml


 RESPONSABLE
 Tel.: 2927-073 // Cel.: 0958805595
 Machala - El Oro - Ecuador
 Correo Electrónico: laboratorio@biomarc.com

Anexo 14: Reporte microbiológico de Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*)


#147

LABORATORIO BIOMAR CELI


REPORTE DE MICROBIOLOGÍA DE TILAPIA

NOMBRE: SR. KLEBER FREIRE # DE MUESTRAS: 1
 FECHA DE RECEPCION: 17/06/2024 FECHA DE REPORTE: 18/06/2024
 SECTOR: MACHALA

# de Piscina	Agar ChroMagar (Vibrios)			Agar Cetrimide
	<i>V. Parahemolyticus</i>	<i>V. Alginolyticus</i>	<i>V. Vulnificus</i>	Pseudomonas
RESERVORIO	AUSENCIA	2 X 10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	1.2 X 10 ⁴ ufc/ml
Rangos:	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ⁴ ufc/ml	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ² ufc/ml


 RESPONSABLE
 Tel.: 2927-073 // Cel.: 0958805595
 Machala - El Oro - Ecuador
 Correo Electrónico: laboratorio@biomarc.com

Anexo 15: Reporte microbiológico de Tilapia Negra (*Oreochromis sp.*) con cada uno de los tratamientos



#155

REPORTE DE MICROBIOLOGÍA DE TILAPIA

NOMBRE: SR. KLEBER FREIRE SOLIS


FECHA DE RECEPCION: 30/07/2024

DE MUESTRAS: 9

FECHA DE REPORTE: 31/07/2024

SECTOR: MACHALA

# de Piscina	Agar ChroMagar (Vibrios)			Agar Cetrimide
	<i>V. Parahaemolyticus</i>	<i>V. Alginolyticus</i>	<i>V. Vulnificus</i>	<i>Pseudomonas</i>
CONTROL	AUSENCIA	4 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	1 X10 ³ ufc/ml
TA R1	AUSENCIA	3 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	4 X10 ³ ufc/ml
TA R2	1 X10 ³ ufc/ml	4.7 X10 ⁴ ufc/ml	3 X10 ³ ufc/ml	5.3 X10 ⁴ ufc/ml
TB R1	AUSENCIA	2 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	AUSENCIA
TB R2	AUSENCIA	2 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	2 X10 ³ ufc/ml
TC R1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA
TC R2	AUSENCIA	AUSENCIA	2 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA
TD R1	AUSENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	1.4 X10 ⁴ ufc/ml
TD R2	AUSENCIA	2 X10 ³ ufc/ml	AUSENCIA	2.9 X10 ⁴ ufc/ml
Rangos:	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ⁴ ufc/ml	< 10 ³ ufc/ml	< 10 ² ufc/ml



RESPONSABLE

Tel: 2927-073 // Cel: 0955805595
 Machala - El Oro - Ecuador
 Correo Electrónico: laboratorio@biomarc.com

Anexo 16: Tablas de análisis microbiológicos de camarón, agua y lodos como parámetros referenciales para el estudio realizado

RESUMEN RESULTADOS DE ANÁLISIS													
SECTOR	CAMARÓN						LODO				AGUA		
	Hepatopáncrea			Cuerpo	Pleópodo-Branquia	Hepatopáncrea	Colonias amarillas	colonias verdes	Total colonias TCBS agar	Materia orgánica	Colonias amarillas	colonias verdes	Total colonias TCBS agar
	Colonias amarillas ufc/g	colonias verdes ufc/g	Total colonias TCBS agar ufc/g	Vibrio spp. (PCR)	IHHNV (PCR)	EHP (PCR)	ufc/g	ufc/g	ufc/g	%	ufc/g	ufc/g	ufc/g
PUERTO GRANDE	40x10 ³	22x10 ³	62x10 ³	<i>V. parahaemolyticus</i> No patógeno (ToxR)	Detectado	No detectado	40x10	<10	<10	0,42	10	<1	10
PUERTO GRANDE	20x10 ⁴	90x10 ³	29x10 ⁴	No detectado	Detectado	No detectado	10x10	10x10	20x10	3,66	20	<1	20
BELLAVISTA	21x10 ⁵	20x10 ³	21x10 ⁵	<i>V. parahaemolyticus</i> No patógeno (ToxR)	Detectado	No detectado	20x10	<10	<10	1,39	<1	<1	<1
DOS BOCAS	43x10 ³	20x10 ²	48x10 ³	No detectado	Detectado	No detectado	20x10	<10	<10	9,57	<1	<1	<1
LAS CASITAS	15x10 ⁴	20x10 ²	15x10 ⁴	<i>V. parahaemolyticus</i> No patógeno (ToxR)	Detectado	No detectado	36x10 ³	40x10 ³	76x10 ³	0,48	<1	<1	<1
PONGALILLO	34x10 ³	30x10 ²	37x10 ³	No detectado	Detectado	No detectado	80x10 ²	<10	<10	1,23	<1	<1	<1
EL ROVALO	20x10 ³	<10	20x10 ³	<i>V. parahaemolyticus</i> No patógeno (ToxR)	Detectado	No detectado	12x10 ³	<10	<10	4,03	<1	<1	<1

Anexo 17: Tablas de resultados de los tratamientos por semana sobrevivencia y peso

TRATAMIENTO	SEMANA	SOBREVIVENCIA %	PESO/10 peces				
A	1	80	P/promedio = (78 + 74 + 80 + 77 + 79 + 76 + 75 + 78 + 73 + 82) / 10 = 77.2 gramos				
A	1	80	P/promedio = (76 + 79 + 77 + 74 + 80 + 78 + 76 + 75 + 81 + 73) / 10 = 76.9 gramos				
A	1	70	P/promedio = (70 + 82 + 67 + 85 + 73 + 78 + 69 + 81 + 74 + 77) / 10 = 75.6 gramos				
B	1	90	P/promedio = (58 + 72 + 50 + 85 + 63 + 77 + 69 + 81 + 54 + 80) / 10 = 68.9 gramos				
B	1	80	P/promedio = (62 + 85 + 73 + 90 + 67 + 78 + 82 + 69 + 88 + 75) / 10 = 76.9 gramos				
B	1	80	P/promedio = (65 + 72 + 80 + 63 + 78 + 70 + 82 + 66 + 75 + 74) / 10 = 72.5 gramos				
C	1	90	P/promedio = (50 + 85 + 65 + 90 + 70 + 55 + 78 + 92 + 60 + 88) / 10 = 73.3 gramos				
C	1	90	P/promedio = (58 + 92 + 75 + 98 + 82 + 65 + 88 + 95 + 60 + 100) / 10 = 81.3 gramos				
C	1	80	P/promedio = (61 + 89 + 77 + 93 + 70 + 83 + 97 + 66 + 90 + 55) / 10 = 78.1 gramos				
D	1	70	P/promedio = (72 + 88 + 59 + 94 + 65 + 85 + 79 + 92 + 61 + 99) / 10 = 79.4 gramos				
D	1	80	P/promedio = (64 + 97 + 58 + 89 + 71 + 82 + 93 + 76 + 67 + 95) / 10 = 79.2 gramos				
D	1	70	P/promedio = (52 + 85 + 48 + 91 + 76 + 65 + 82 + 54 + 93 + 98) / 10 = 74.4 gramos				

TRATAMIENTO	SEMANA	SOBREVIVENCIA %	PESO
A	2	70	P/promedio = (78 + 75 + 77 + 76 + 77 + 78 + 79) / 7 = 77.2 gramos
A	2	60	P/promedio = (78 + 74 + 79 + 76 + 75 + 78) / 6 = 76.7 gramos
A	2	60	P/promedio = (70 + 82 + 85 + 78 + 81 + 77) / 6 = 77.2 gramos
B	2	80	P/promedio = (58 + 72 + 85 + 77 + 69 + 81 + 54 + 80) / 8 = 72.0 gramos
B	2	80	P/promedio = (62 + 85 + 90 + 78 + 82 + 69 + 88 + 75) / 8 = 78.6 gramos
B	2	70	P/promedio = (80 + 78 + 82 + 70 + 74 + 65 + 66) / 7 = 72.5 gramos
C	2	80	P/promedio = (65 + 78 + 92 + 60 + 85 + 70 + 88 + 50) / 8 = 73.3 gramos
C	2	90	P/promedio = (58 + 95 + 80 + 98 + 85 + 90 + 100 + 70 + 95) / 9 = 84.3 gramos
C	2	70	P/promedio = (85 + 84 + 80 + 90 + 75 + 82 + 79) / 7 = 82.1 gramos
D	2	60	P/promedio = (85 + 88 + 92 + 94 + 99 + 79) / 6 = 89.5 gramos
D	2	70	P/promedio = (97 + 89 + 82 + 93 + 95 + 76 + 93) / 7 = 89.29 gramos
D	2	60	P/promedio = (85 + 91 + 76 + 93 + 98 + 60) / 6 = 76.4 gramos

TRATAMIENTO	SEMANA	SOBREVIVENCIA %	PESO
A	3	50	P/promedio = (82 + 83 + 82 + 82 + 82) / 5 = 82.2 gramos
A	3	40	P/promedio = (79 + 82 + 80 + 82) / 4 = 80.7 gramos
A	3	30	P/promedio = (82 + 84 + 85 + 82) / 4 = 83.2 gramos
B	3	70	P/promedio = (58 + 72 + 85 + 77 + 69 + 81 + 82) / 7 = 72.0 gramos
B	3	60	P/promedio = (85 + 88 + 82 + 80 + 84 + 76) / 6 = 82.6 gramos
B	3	50	P/promedio = (75 + 70 + 76 + 72 + 69) / 5 = 72.5 gramos
C	3	80	P/promedio = (82 + 80 + 84 + 76 + 78 + 75) / 6 = 79.3 gramos
C	3	80	P/promedio = (90 + 92 + 87 + 88 + 91 + 93 + 90 + 93) / 8 = 89.3 gramos
C	3	50	P/promedio = (80 + 79 + 81 + 82 + 79) / 5 = 80.2 gramos
D	3	60	P/promedio = (87 + 86 + 88 + 86 + 88 + 86) / 6 = 86.8 gramos
D	3	50	P/promedio = (82 + 80 + 83 + 81 + 80) / 5 = 81.2 gramos
D	3	40	P/promedio = (72 + 68 + 71 + 70) / 4 = 70.25 gramos

TRATAMIENTO	SEMANA	SOBREVIVENCIA %	PESO
A	4	30	$P/\text{promedio} = (78 + 77 + 77) / 3 = 77.33 \text{ gramos}$
A	4	20	$P/\text{promedio} = (79 + 78) / 2 = 78.5 \text{ gramos}$
A	4	0	
B	4	40	$P/\text{promedio} = (76 + 78 + 77 + 77) / 4 = 77.0 \text{ gramos}$
B	4	20	$P/\text{promedio} = (77 + 79) / 2 = 78.0 \text{ gramos}$
B	4	10	$P/\text{promedio} = (69) / 1 = 69 \text{ gramos}$
C	4	80	$P/\text{promedio} = (86 + 87 + 86 + 86 + 87 + 86) / 6 = 86.3 \text{ gramos}$
C	4	70	$P/\text{promedio} = (95 + 97 + 92 + 93 + 96 + 98 + 95) / 7 = 94.3 \text{ gramos}$
C	4	20	$P/\text{promedio} = (82 + 78) / 2 = 80 \text{ gramos}$
D	4	30	$P/\text{promedio} = (84 + 83 + 85) / 3 = 84 \text{ gramos}$
D	4	20	$P/\text{promedio} = (82 + 80) / 2 = 81.0 \text{ gramos}$
D	4	0	