

**EFFECTO DEL USO DE LA CEPA *Weissella cibaria* EN LA ALIMENTACIÓN DE
Oreochromis sp FASE DE LEVANTE.**



**KAREN ALEXANDRA BUITRON VELARDE
ANGELA VANESSA PRIETO ORTEGA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023**

**EFFECTO DEL USO DE LA CEPA *Weissella cibaria* EN LA ALIMENTACIÓN DE
Oreochromis sp FASE DE LEVANTE.**



**KAREN ALEXANDRA BUITRON VELARDE
ANGELA VANESSA PRIETO ORTEGA**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito parcial
para optar al título de Ingenieras Agropecuarias.**

Directores:

**Ph.D. Crispulo Perea Román
Ph.D. Nelson José Vivas Quila**

Codirectora:

Ing. M.Sc. Marly Andreina Jiménez Chamorro

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

Ph.D Crispulo Perea Román

Ph.D. Nelson José Vivas Quila

Presidente del jurado

Jurado

DEDICATORIA

A mis padres, por acompañarme en cada paso que doy, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. También a mi abuela, desde el cielo eres esa luz que me daba fuerzas para continuar. A mi hermano, por su cariño y apoyo incondicional. A mi compañera de trabajo de grado, por su amistad quien me acompañó en esta etapa, aportando a mi formación profesional y como ser humano.

KAREN ALEXANDRA BUITRON VELARDE

A mis padres por su invaluable apoyo, amor, trabajo y sacrificio en estos años. A mis hermanas por estar siempre presentes acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron en esta etapa de mi vida. A mi compañera de trabajo de grado y de vida, por siempre brindarme una palabra de aliento para continuar y culminar nuestra meta. Y a todas aquellas personas que a lo largo de mi carrera universitaria me brindaron el apoyo para desarrollarme profesionalmente.

ANGELA VANESSA PRIETO ORTEGA

A nuestros compañeros y amigos, por compartir durante estos años alegrías, tristezas, conocimiento y experiencias y a todas aquellas personas que hicieron que de una u otra manera se realice este tan anhelado sueño.

AGRADECIMIENTOS

Primero dar gracias Dios por la vida y salud, por ser nuestra fortaleza y guía en nuestros momentos de dificultad.

A nuestros padres y familiares por ser el motor y fuente de admiración, que sin su apoyo, sacrificios, consejos y amor no sería posible terminar esta anhelada meta.

A nuestros directores: Ph.D. Crispulo Perea Román y PhD. Nelson José Vivas Quila por su acompañamiento, dedicación, por enriquecer nuestra vida con conocimiento y por haber depositado su confianza en nosotras para esta investigación.

A nuestra codirectora y asesora Ing. Marly Andreina Jiménez Chamorro, por su paciencia y dedicación para compartirnos su conocimiento y su apoyo constante durante todo el proceso de investigación.

A los grupos de investigación ASUBAGROIN y NUTRIFACA de la facultad de Ciencias Agrarias, por su disponibilidad, apoyo, fraternidad y por permitirnos hacer uso de sus equipos y materiales de trabajo.

A el alma mater de la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, profesores y administrativos, por el aprendizaje, por ser parte de nuestras vidas durante estos años, por fortalecernos académicamente y hacer de nosotras personas integrales con valores y principios.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto probiótico de la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 en la alimentación de *Oreochromis* sp fase de levante, para lo cual se utilizaron 360 juveniles de Tilapia roja con peso promedio de $14,99 \pm 1,43$ g, distribuidos en cuatro tratamientos; T0 (alimento sin probiótico), T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo), T2 (alimento probiótico 1×10^6 UFC/g) y T3 (alimento probiótico 1×10^7 UFC/g) y tres replicas por cada uno, en un diseño completamente al azar, los peces se alimentaron hasta saciedad aparente durante 45 días de los cuales 15 días fueron de adaptación, durante este periodo se evaluaron los parámetros de crecimiento: incremento de peso (IP), incremento de talla (IT), tasa de crecimiento diaria (TCD), tasa de crecimiento instantánea (TCI) y coeficiente térmico de crecimiento; además, los parámetros de eficiencia alimenticia y económica: consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia de la proteína (TEP), tasa de eficiencia de la energía (TEE), índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE). En los parámetros de crecimiento se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$), para IP, TCD, TCI y CTC obteniendo mejores resultados con las dietas suplementadas a una concentración de 1×10^6 UFC/g y 1×10^7 UFC/g. En los parámetros de eficiencia alimenticia y económica, se evidenciaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para las variables ICA, TAD, TEP, TEE, ICE e IRE, los cuales presentaron los mejores resultados con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, ya que se redujo el costo por alimentación y aumento la rentabilidad económica. Los resultados sugieren que usar probióticos en la alimentación para juveniles de Tilapia roja, mejora el crecimiento y aprovechamiento de los nutrientes y, por lo tanto, es una alternativa en la alimentación para peces.

Palabras clave: probióticos, *Weissella cibaria*, parámetros productivos, Tilapia roja, proteína y energía.

ABSTRACT

The present study had the aim of evaluating the probiotic effect of *Weissella cibaria* UC – 031 strain on the feeding of *Oreochromis* sp rearing phase, for which 360 red Tilapia young fish with an average weight of 14.99 ± 1.43 g distributed in four treatments were used; T0 (feed without probiotic), T1 (feed impregnated with the medium without the microorganism), T2 (probiotic feed 1×10^6 CFU/g) and T3 (probiotic feed 1×10^7 CFU/g) and three replicates for each one, in a completely randomized design, the fish were fed until apparent satiety during 45 days of which 15 days were for adaptation, during this period the growth parameters were evaluated: weight increment (IP), length increment (IT), daily growth rate (TCD), instantaneous growth rate (TCI) and thermal growth coefficient; furthermore, the nutrition and economic efficiency parameters: feed consumption (CA), feed conversion index (ICA), daily feeding rate (TAD), protein efficiency rate (TEP), energy efficiency rate (TEE), economic conversion index (ICE) and economic profitability index (IRE). In the growth parameters, significant differences ($P < 0.05$) were presented for IP, TCD, TCI and CTC, obtaining better results with the diets supplemented at a concentration of 1×10^6 CFU/g and 1×10^7 CFU/g. Regarding feed and economic efficiency parameters, significant differences ($P < 0.05$) were observed for the variables ICA, TAD, TEP, TEE, ICE and IRE, which had the best results with the *Weissella cibaria* UC – 031 strain, since the cost per feed was reduced and economic profitability increased. The results suggest that using probiotics in feed for young red Tilapia improves growth and nutrient utilization and, therefore, is an alternative in fish feed.

Key words: probiotics, *Weissella cibaria*, production parameters, red tilapia, protein and energy.

CONTENIDO

	pág.
Introducción.....	14
1. Marco referencial.....	16
1.1 Marco teórico.....	16
1.1.1 Producción acuícola a nivel mundial.....	16
1.1.2 Producción acuícola nacional y en el departamento del Cauca.....	17
1.1.3 Descripción general de la Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp)..	17
1.1.3.1 Origen y distribución.....	18
1.1.3.2 Morfología interna y externa.....	19
1.1.3.3 Bondades zootécnica.....	20
1.1.3.4 Habito alimenticio.....	21
1.1.3.5 Requerimientos nutricionales.....	21
1.1.3.6 Parámetros óptimos del agua.....	22
1.1.4 Uso de <i>Weissella cibaria</i> como probiótico en la piscicultura.....	22
1.2 Marco histórico.....	24
1.2.1 Antecedentes.....	24
1.2.1.1 Estudios sobre probióticos en el entorno internacional.....	24
1.2.1.2 Estudios sobre probióticos en el entorno nacional.....	26
2. Metodología.....	30
2.1 Localización.....	30
2.2 Material biológico.....	31
2.2.1 Juveniles de Tilapia roja.....	31
2.2.2 Bacteria <i>Weissella cibaria</i> UC – 031.....	31
2.2.2.1 Activación de la bacteria <i>Weissella cibaria</i> UC – 031.....	32
2.2.2.2 Masificación de la bacteria <i>Weissella cibaria</i> UC – 031.....	32
2.3 Formulación y preparación del alimento probiótico.....	34
2.3.1 Preparación de materias primas.....	35
2.3.2 Formulación y caracterización de la dieta de referencia..	35
2.3.3 Extrusión del alimento probiótico.....	36
2.3.4 Impregnación del alimento probiótico.....	37
2.4 Plan de manejo para la evaluación en jaulas metabólicas.....	39
2.5 Determinación de índices de crecimiento.....	41

2.6	Determinación de eficiencia alimenticia y económica.....	41
2.7	Diseño experimental y análisis estadístico.....	43
3.	Resultados y discusión.....	45
3.1	Determinación de parámetros de crecimiento.....	45
3.1.1	Incremento en talla (IT).....	46
3.1.2	Incremento en peso (IP).....	47
3.1.3	Tasa de crecimiento diaria (TCD).....	48
3.1.4	Tasa de crecimiento instantánea (TCI) y coeficiente término de crecimiento (CTC).....	50
3.2	Determinación de eficiencia alimenticia y económica.....	53
3.2.1	Consumo de alimento (CA).....	54
3.2.2	Índice de conversión del alimento (ICA).....	55
3.2.3	Tasa de alimentación diaria (TAD).....	57
3.2.4	Tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia de energética (TEE).....	58
3.2.5	Índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE).....	60
4.	Conclusiones.....	63
5.	Recomendaciones.....	64
6.	Referencias bibliográficas.....	65
	Anexos.....	79

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja fase de levante.	21
Tabla 2. Parámetros óptimos de agua para la Tilapia roja.	22
Tabla 3. Composición nutricional del medio de cultivo alternativo.....	32
Tabla 4. Composición nutricional y química de la dieta de referencia.	35
Tabla 5. Tratamientos y variables de respuesta evaluados.....	43
Tabla 6. Valores medios de los parámetros de crecimiento de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.	45
Tabla 7. Valores medios de los parámetros de eficiencia alimenticia y económica: de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	53

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia.....	20
Figura 2. (A) Laboratorio de biotecnología. (B) Caseta de bioensayos.	30
Figura 3. Recolección, transporte y distribución de juveniles de Tilapia roja.	31
Figura 4. Proceso de activación y masificación de la bacteria <i>Weissella cibaria</i> UC – 031.....	34
Figura 5. Preparación de la dieta.....	37
Figura 6. Proceso de impregnación de alimento para juveniles de Tilapia roja....	39
Figura 7. Plan de manejo para la evaluación de jaulas metabólicas.....	40
Figura 8. Proceso de biometría.	43
Figura 9. Valores medios obtenidos para incremento en talla (IT) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC-031 durante 30 días.....	46
Figura 10. Valores medios obtenidos para incremento en peso (IP) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC-031 durante 30 días.....	47
Figura 11. Valores medios obtenidos para tasa de crecimiento diaria (TCD) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC-031 durante 30 días.	49
Figura 12. Valores medios obtenidos para tasa de crecimiento instantánea (TCI) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	51
Figura 13. Valores medios obtenidos para coeficiente térmico de crecimiento (CTC) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.	51
Figura 14. Valores medios obtenidos para consumo de alimento (CA) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	54
Figura 15. Valores medios obtenidos para índice de conversión alimenticia (ICA) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	55
Figura 16. Valores medios obtenidos para tasa de alimentación diaria (TAD) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	57
Figura 17. Valores medios obtenidos para tasa de eficiencia proteica (TEP) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	58

Figura 18. Valores medios obtenidos para tasa de eficiencia energética (TEE) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.....	59
Figura 19. Valores medios obtenidos para índice de conversión económica (ICE) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.	60
Figura 20. Valores medios obtenidos para índice de rentabilidad económica (IRE) en juveniles de <i>Oreochromis</i> sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa <i>Weissella cibaria</i> UC – 031 durante 30 días.	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Registro de mortalidad.....	79
Anexo B. Registro de biometría.....	80
Anexo C. Registro de temperatura.	81
Anexo D. Registro de alimentación.	82
Anexo E. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD); (Test: 0 – 82)....	83
Anexo F. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO), Met: 26 (Test:0-26).	84
Anexo G. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO ₃), Met: 151 (Test: 0-15).	85
Anexo H. Protocolo para la medición de pH, Met: 72 (Test: 72).	86
Anexo I. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO ₅), Met: 822.....	87

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población humana, ha conllevado al aumento de la producción piscícola, requiriendo mayor cantidad de alimento para suplir la demanda y por otro lado se ha optado por consumir alimentos saludables (Bouvet, 2018; Torrado, 2020), por lo que para el 2020 se obtuvo un consumo anual de 20,2 kg de carne de pescado per cápita, teniendo en total una producción de 178 millones de toneladas a nivel mundial, de las cuales 158 millones se emplearon para el consumo humano y 20 millones en el uso no alimentario como lo son las producciones de harinas y aceites (FAO, 2022). Una de las principales especies acuícolas comercializadas internacionalmente es la tilapia (Zhou, 2021), para la cual en el 2020 se obtuvo una captura de 6,93 millones de toneladas (FAO, 2023). En cuanto a nivel nacional Colombia aportó a la producción piscícola en este mismo año 174.067 toneladas (MADR, 2021), mientras el departamento del Cauca para este mismo año tuvo una producción piscícola de 2.686 toneladas, contando con potencial para esta producción, por pequeños y medianos productores (MADR, 2021; Ortega, 2015).

Sin embargo, al intensificar estos sistemas para la producción de mayor cantidad de carne por unidad de área, se ha desencadenado la proliferación de enfermedades causadas por microorganismos patógenos, cuya incidencia causa mortalidades en la mayoría de las especies productivas, generando pérdidas económicas importantes (Li *et al.*, 2022; Villamil *et al.*, 2017). Con el fin de subsanar esta problemática los productores han optado por el uso de antibióticos como estrategia de prevención y como promotores de crecimiento; no obstante, el mal uso de estos ha generado impacto ambiental, ya que los residuos de estos medicamentos pueden permanecer en el tejido de los peces y también pueden fomentar la aparición natural de resistencia bacteriana, que será difícil de controlar y erradicar (García, 2020; Nimalan *et al.*, 2023), además del incremento en los costos de producción (Perea *et al.*, 2018; Rodríguez, 2017). En virtud de lo anterior, se deben buscar alternativas que permitan reducir las pérdidas económicas y los altos costos en la piscicultura.

Una posible solución a la problemática anteriormente expuesta es el uso de probióticos, debido a que el suministro de estos en la piscicultura ha demostrado que pueden mejorar la inmunidad, contribuir en la producción como promotor del crecimiento, acelerar la digestión y disminuir la incidencia de enfermedades

bacterianas, por lo que pueden considerarse como una alternativa para sustituir los antibióticos (Cavalcante *et al.*, 2020; Xia, 2020; Yun *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2016; Ramesh *et al.*, 2015). Además, su uso no afecta la salud humana y mitiga los impactos ambientales que se generan por el uso inadecuado de los antibióticos (Rodríguez, 2017; Pérez *et al.*, 2020; Gutiérrez, 2021). Sin embargo, los microorganismos probióticos provenientes de otros ambientes generalmente no se adaptan adecuadamente a los medios de producción (Wanka *et al.*, 2018 & Del'Duca *et al.*, 2013), pero se ha demostrado en diversos estudios que es posible el aislamiento en sistemas productivos y del tracto gastrointestinal, microorganismos que generan efectos benéficos tanto en el animal como en el ambiente (Pérez *et al.*, 2020; Ardila, 2017; Sayes *et al.*, 2016).

En relación con lo anterior, se realizó la investigación con el objetivo de determinar la eficiencia alimenticia y económica del uso de la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 en alimentación de *Oreochromis* sp. en fase de levante, mediante la evaluación de parámetros de crecimiento y el análisis de índices de aprovechamiento nutritivo e índices económicos.

Esta investigación hace parte de las actividades del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* sp)” financiado por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y ejecutado por la Universidad del Cauca.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Producción acuícola en el mundo. se estima que la producción de pescado alcanzó unos 178 millones de toneladas en 2020, con un valor total de primera venta estimado de 406.000 millones de USD, del total general 158 millones de toneladas se destinaron al consumo humano, lo que constituye un consumo per cápita anual de 20,2 kg; los 20 millones de toneladas restantes se destinaron para usos no alimentarios, principalmente para la obtención de harina y aceite de pescado. La producción mundial acuícola ha estado dominada por Asia, con una participación del 91,6% en los últimos dos decenios aproximadamente. En este mismo año, los responsables de más del 50% del total de capturas marinas, fueron los siete principales productores, de los cuales China representó el 15% del total mundial, seguido del Perú (7%), Indonesia (8%), la Federación de Rusia (6%), los Estados Unidos de América (5%), la India (5%) y Vietnam (4%) (FAO, 2022).

En el año 2020, a nivel internacional se comercializaron 60 millones de toneladas de pescado (equivalente en peso vivo), representando el 33,7% del total de animales acuáticos, el valor total en exportaciones fue de 151.000 millones de USD lo que representa casi un 11% del valor de exportación de los productos agrícolas. Los países asiáticos fueron los principales productores, estos representaron un 70% del total, seguidos de las Américas, Europa, África y Oceanía. China siguió siendo el primer productor principal con una tasa del 35 % del total, además de ser el primer productor de pescado, es también el primer exportador de productos acuáticos del mundo, seguido de Noruega y Vietnam, con la Unión Europea como el mayor mercado único de importación. Los principales países importadores son los Estados Unidos de América, seguidos de China y Japón. En términos de volumen (peso vivo), China es el principal país importador de grandes cantidades de especies destinadas no solo al consumo nacional, sino también como materia prima para su elaboración en el país y su posterior reexportación. Las importaciones de pescado de los países desarrollados representaron el 32% del total mundial en valor y el 49% en cantidad (FAO, 2022).

1.1.2 Producción acuícola nacional y en el departamento del Cauca. Entre 2011 y 2020 la producción acuícola en Colombia aumentó 216%, pasando de 82.622 a 179.351 toneladas entre tilapia, trucha, cachama, camarón y otras especies nativas. El consumo per cápita en 2020 fue de 8,8 Kg de productos acuícolas, aportando el 0,3% en el Producto Interno Bruto (PIB) Nacional y 3,3% en el PIB Agropecuario. A nivel nacional Huila es el departamento con mayor producción piscícola con 39% de la producción nacional, seguido por Meta (11%), Tolima (9%), Cundinamarca y Boyacá (6%), Antioquia (4%) y Córdoba (3%), estos siete departamentos representan el 72% de la producción piscícola del país. Las especies más representativas para el año 2020 fueron: la Tilapia con una participación del 58% de la producción total, seguida de la Cachama con un 19%, la Trucha con un 16% y otras especies 7%. Además, en este mismo año se exportaron 8.563 toneladas de tilapia, trucha y camarón por valor de \$USD 45,1 millones (MADR, 2021; SEPEC, 2021).

La Tilapia se ha posicionado como la especie piscícola más producida en el país por su fácil manejo y aceptación en el mercado, para el año 2020 su producción fue de aproximadamente 100.959 toneladas, es decir el 58% de la producción total del país, donde los núcleos más importantes de producción de tilapia están en los departamentos de Huila, Antioquia, Meta y Tolima. Esta especie es la más exportada con un total de 11.596 toneladas por un valor de \$USD 60.376 millones, siendo su principal destino de exportación los Estados Unidos. A nivel regional, el Cauca es uno de los departamentos que posee una de las plantas certificadas con sistema HACCP autorizadas para exportar a la Unión Europea. En 2014 la producción piscícola del departamento era de 1.439 toneladas, en los últimos años esta ha ascendido a 2.686 toneladas cifra que se registró en 2020 y representa el 1.62% de la producción total nacional (MADR, 2021).

1.1.3 Descripción general de la Tilapia roja (*Oreochromis sp*). La Tilapia roja es un pez que taxonómicamente no responde a un nombre científico, es el producto del cruce de cuatro especies de tilapia: (*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*), tres de ellas de origen africano y una cuarta israelita; el cruce selectivo permitió la obtención de un pez cuya coloración fenotípica puede ir desde el rojo cereza hasta el albino, pasando por el animal con manchas negras o completamente negro. Son peces reconocidos por su gran capacidad de adaptación a los nuevos ambientes, también muestran un comportamiento reproductivo especializado, muy relacionado con su compleja biología evolutiva, además

presentan muchos atributos deseados como la calidad de carne y buen sabor (Ovalles, 2020; Cornejo, 2017).

De acuerdo a la clasificación de Berg, modificada por Trewavas (1983), las tilapias se clasifican de la siguiente manera: la tilapia pertenece al reino Animalia, filo Chordata, subfilo Vertebrata, clase Actinopterygii, orden Perciformes, familia Cichlidae, genero *Oreochromis*, especie *Oreochromis sp.*

1.1.3.1 Origen y distribución. Las Tilapias son un grupo de especies de peces de agua dulce originadas exclusivamente de África (excluyendo Madagascar) y de Palestina (valle del Jordán y ríos costeros). Aprovechando sus características y adaptabilidad, a comienzos de siglo XX se consideraron ideales para la piscicultura rural, especialmente en el Congo Belga (actualmente Zaire); a partir de 1924 se intensifica su producción en Kenia; sin embargo, fue en el extremo Oriente, en Malasia en donde se obtuvieron los mejores resultados y se iniciara su progresiva producción en el ámbito mundial. Se distribuyen por toda África, excepto las montañas del atlas norte y el suroeste de África, la especie también se encuentra distribuida en centro América y América del sur, al sur de la India y en el lago Kinneret en Israel. En estos momentos, debido a su introducción por el hombre, está representada en la zona tropical y subtropical de todo el mundo, incluyendo Asia y Oceanía (El-Sayed, 2019; Cornejo, 2017).

Las Tilapias habitan una amplia gama de ecosistemas, parecen haber evolucionado como peces ribereños que viven en charcos de llanuras aluviales, pero se han adaptado a ambientes de lagos. Esto explica por qué viven actualmente en varios sistemas ecológicos de agua, incluyendo ríos de movimiento lento, estanques y pantanos de llanura aluvial, pequeños lagos poco profundos, grandes lagos profundos, cuerpos de agua embalsados, fuentes termales y lagos de agua salobre, además la tilapia está adaptada a diferentes condiciones ambientales (amplio rango de temperaturas, salinidad y pH). Por ello esta especie se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales (El-Sayed, 2019; Solimán *et al.*, 2017; Gutiérrez, 2016). Para el caso de Colombia, la Tilapia roja fue importada y establecida directamente en el Instituto Nacional de Piscicultura Tropical (Buga, Valle del Cauca) en 1956, procedente de Brasil. La región andina es donde se concentra la mayor producción de Tilapia roja con un 58% (Rodríguez, 2017).

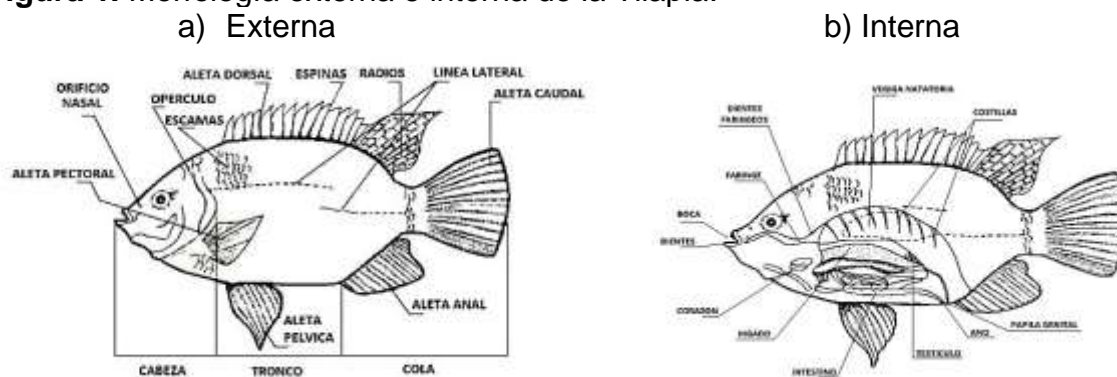
1.1.3.2 Morfología Interna y Externa. La tilapia pertenece a la familia Cichlidae, las especies de esta familia presentan coloraciones muy hermosas y atractivas, especialmente las que provienen de África, Sudamérica o América Central (Peña & Verde, 2017). La tilapia en cada lado de la cabeza muestra un orificio nasal que sirve como entrada y salida de la cavidad nasal. La parte del cuerpo es apretado y discooidal, muy poco alargada. Tiene una boca ancha protráctil con labios gruesos, dispone de mandíbulas con dientes cónicos y en algunas ocasiones ásperos. Su traslado lo hace a través de aletas pares que son pectorales y las ventrales e impares compuestas por aleas dorsales, caudal y anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal tiene varias espinas y es corta, la parte terminal dispone de radios suaves y son en forma de cresta. En cuanto a la aleta caudal es trunca, redonda y raramente cortada similar a todos los peces, igualmente sirve durante su traslado para mantener el equilibrio de su cuerpo y más aún al lanzarse en el agua (Anacona, 2021).

El sistema digestivo de las tilapias se caracteriza por ciertas modificaciones que reflejan los tipos de alimentos que ingieren. Es relativamente simple, poco especializado y consiste en un esófago muy corto conectado a un pequeño estómago de forma sacular, y un intestino muy largo y enrollado, que puede alcanzar hasta 7-8 veces la longitud total del pez. Estos largos intestinos reflejan los hábitos alimenticios herbívoros u omnívoro de estos peces, tal vez porque los alimentos vegetales se digieren con menos facilidad que los de origen animal, muchas especies de peces contienen ciegos pilóricos o divertículos ciegos con un epitelio tipo intestinal muy plegado que se encuentran en la parte final del estómago. La Tilapia tiene dos tipos de dientes: dientes de la mandíbula y dientes faríngeos. Ambos tipos de dientes son variados en configuración de una especie de tilapia a otra, para adaptarse a las diferentes referencias dietéticas (Roldan, 2020; El-Sayed, 2019).

El tamaño del intestino es relevante, ya que permite un ajuste a diferentes tipos de dietas, ofreciendo la posibilidad de una mejor adaptación a las condiciones ecológicas, esto es cierto tanto para la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) como para la tilapia roja (*Oreochromis* sp), debido a que todas las especies de cíclidos poseen intestinos largos (Cuatin, 2020; Cornejo, 2017). El sistema circulatorio está impulsado por el corazón el cual es bilocular y de forma redondeada, la respiración es por vía branquial estando estas estructuras constituidas por laminillas delgadas alojadas en la cavidad opercular. Tiene la vejiga natatoria ubicada debajo de la

columna vertebral, dentro de sus funciones está la de mantener flotando al pez a diferentes profundidades. El sistema excretor lo constituye el riñón que tiene una conformación ovoide y que se descarga a través de la cloaca. El aparato reproductor está constituido por un par de gónadas denominados testículos para los machos y ovarios para las hembras, en ambos casos son de forma tubular de diámetro variable, en el caso de los ovarios al tacto son de características granulosa y los testículos son de características Lisa (Anacona, 2021; Peña *et al.*, 2017). En la figura 1 se ilustra la morfología externa e interna de la tilapia.

Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia.



Fuente: Pérez *et al.*, 2015

1.1.3.3 Bondades zootécnicas. Las tilapias se han introducido en el mundo de forma acelerada, debido a que es una especie con alta adaptabilidad a diferentes medios, en algunos casos extremos como lo son ambientes con bajas concentraciones de oxígeno y amplio rango de salinidad. De esta especie también destaca la fácil reproducción, alta productividad, rápido crecimiento, capacidad de nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales, además de resistencia a enfermedades (Méndez *et al.*, 2018; Cornejo, 2017; Ovalles, 2020).

La Tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas, para los trabajos de selección genética se tuvieron en cuenta las cuatro especies parentales del híbrido: *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*, por estar emparentadas entre sí, sus comportamientos reproductivos y alimenticios son similares, así se logró ventajas sobre otras especies, tales ventajas son el alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades,

excelente textura de carne y una coloración que tiene buena aceptación en el mercado (Méndez *et al.*, 2018).

1.1.3.4 Hábito alimenticio. La Tilapia roja es generalmente omnívora; sin embargo, poseen muchas características morfológicas, incluyendo estructuras de la mandíbula, tamaño y forma de la boca, dientes, tamaño y número de rastrillos branquiales, las cuales permiten que la tilapia y otros cíclidos ocupen una variedad más amplia de nichos de alimentación. Durante las etapas larvales, la tilapia se alimenta inicialmente de zooplancton, especialmente de crustáceos (copépodos), el alimento de las tilapias juveniles y adultas consiste en una considerable variedad de vegetación acuática, fitoplancton, zooplancton, perifíton y detritus de origen vegetal, dependiendo de las especies de tilapia. Cabe mencionar que los hábitos de alimentación y las preferencias dietéticas de las tilapias dependen, de factores como la especie de tilapia y del tamaño, hora del día, fotoperiodo, profundidad del agua y ubicación geográfica (El-Sayed, 2019; Galdámez & Sáenz, 2017).

La alimentación de la tilapia en producciones intensivas piscícolas se basa principalmente en concentrados y suplementos que contengan todos los nutrientes necesarios. La fase de juveniles inicia con un peso promedio de 10 g y termina con un peso final de entre 30 a 40 g, la alimentación en sistemas de producción semi-intensivo e intensivo, se basa en la combinación de dietas balanceadas más fertilización de la columna de agua para incentivar la producción de plancton, los concentrados balanceados varían su porcentaje de proteína entre 28 a 34% de proteína cruda, y la frecuencia de alimentación supone suministrar el alimento entre 3 a 5 veces al día. El concentrado puede esparcirse en el agua, sobre toda la superficie del estanque o depositarla siempre en el mismo sitio, una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente (Anacona, 2021; Cornejo, 2017).

1.1.3.5 Requerimientos nutricionales. A continuación, en la tabla 1 se citan los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja fase de levante.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja fase de levante.

Nutriente	Requerimiento
Proteína cruda (%)	32

Lípidos (%)	8 - 10
Energía digestible (Kcal/kg)	3.000 – 3.200
Fibra cruda (%)	3 - 5
Lisina (%)	2
Metionina (%)	1,5
Calcio (%)	1,5 - 2
Fosforo (%)	1 – 1,5

Fuente: Torres & Hurtado, 2012; Perea, 2016; Trung *et al.*, 2011

1.1.3.6 Parámetros óptimos de agua. A continuación, en la tabla 2 se citan los parámetros de agua para la Tilapia roja.

Tabla 2. Parámetros óptimos de agua para la Tilapia roja.

Parámetro	Rango óptimo
pH	6,5 – 8,5
Temperatura	25 – 30°C
Amonio	< 1 mg/l
Nitritos	0,1 mg/l
Alcalinidad	20 – 200 mg/l
Dureza máxima	75 mg/l
DQO Y DBO ₅	4 – 6 mg/l
Oxígeno disuelto	4 – 5 mg/l
Salinidad	10 – 15 ppm

Fuente: Perdomo *et al.*, 2012

1.1.4 Uso de *Weissella cibaria* como probiótico en la piscicultura. Los probióticos son microorganismos vivos que al administrarse en cantidades apropiadas, confieren un beneficio para la salud del huésped, estos microorganismos han surgido como una alternativa viable para la acuicultura, ya que pueden controlar, prevenir patógenos gastrointestinales, mejoran el rendimiento y la productividad de las especies piscícolas, mediante una alta digestión y absorción de nutrientes, la promoción de microflora benéfica, producción de sustancias antimicrobianas, además la modulación y estimulación del sistema inmune y la resistencia a la colonización gastrointestinal (Saputra *et al.*, 2020; Pineda, 2020). Los microorganismos probióticos se pueden aislar de varias fuentes, aunque la principal es el tracto digestivo de los animales acuáticos y el mucus de

los peces. En particular, los probióticos pueden ser cultivos aislados o también hallarse en sedimentos de ambientes acuáticos o aislados de consorcios microbianos (Pérez *et al.*, 2020; Castrejon, 2017).

Algunos de los compuestos antimicrobianos sintetizados y excretados por las bacterias probióticas son: antibióticos, ácidos grasos de cadena corta (fórmico, acético, propiónico, butírico y láctico), peróxido de hidrógeno, sideróforos (compuestos quelantes) de hierro, enzimas bacteriolíticas (lisozima), proteasas, amilasas, compuestos antimicrobianos tipo bacteriocina, y bacteriocinas. Estos últimos son los metabolitos antimicrobianos con mayor potencial para ser utilizados como bio-controladores de patógenos en la acuicultura, son péptidos antimicrobianos sintetizados en los ribosomas de bacterias y algunas arqueas (organismos unicelulares carentes de núcleo), los cuales presentan actividad antimicrobiana contra cepas estrechamente relacionadas con el microorganismo productor, las bacteriocinas se han considerado como una herramienta eficiente para proteger y defender nichos ecológicos en los criaderos utilizados en acuicultura (Pérez *et al.*, 2021; Simon *et al.*, 2021; Pérez *et al.*, 2020).

El uso de bacterias ácido lácticas tiene un efecto positivo registrado en varias especies, como la *lubina*, *centropómo* spp, *Oreochromis sp*, *Litopenaeus vannamei*, ya que estos microorganismos tienen la capacidad para colonizar el tracto digestivo, modificando la dominancia natural de la microbiota intestinal y promoviendo la mejora en el sistema inmunológico de los animales, estos resultados están relacionados con la alta especificidad entre el microorganismo probiótico y el huésped, ya que todas las cepas utilizadas en estudios fueron aisladas de los mismos animales de estudio (Pérez *et al.*, 2021). Dentro de las bacterias ácido lácticas, está el género *Weissella*, las cuales son bacterias Gram positivas, catalasa negativa, no formadoras de esporas, no móviles, de morfología cocoide o bacilar pudiendo ser pleomorfas, quimiorganotrofos, anaerobia facultativa con metabolismo fermentativo obligado. Sus requerimientos nutricionales son complejos, necesita péptidos, aminoácidos, carbohidratos fermentables, ácidos nucleicos, ácidos grasos y vitaminas, además crecen a una temperatura ideal de 15°C, sin embargo, pueden crecer a temperaturas de 42 a 45° C (Lakra *et al.*, 2020; Castrejón, 2017). Varias cepas de *Weissella* han sido encontradas como potencial probiótico principalmente a su actividad antimicrobiana, adicionalmente se ha demostrado en varios estudios que algunas bacterias probióticas como *Weissella cibaria* favorece la actividad fagocítica de los leucocitos (monocitos, macrófagos,

neutrófilos y linfocitos) que son responsables de la activación temprana de la respuesta inflamatoria que se origina antes de la producción de anticuerpos y que desempeña un papel importante como defensa innata frente a los patógenos en peces (Zhu *et al.*, 2021; Lakra *et al.*, 2020; Zatán *et al.*, 2020).

1.2 MARCO HISTÓRICO

1.2.1 Antecedentes. A continuación, se presentan algunos estudios realizados a nivel nacional e internacional sobre el uso de probióticos en la acuicultura como alternativa para reducir el uso de antibióticos, reducir costos y aumentar la productividad.

1.2.1.1 Estudios sobre probióticos en el entorno internacional.

En Tailandia, se hizo un estudio y se utilizó probióticos mixtos de *Bacillus amyloliquefaciens* 54A y *B. pumilus* 47B aislados del intestino del bagre rayado (*Pangasianodon hypophthalmus*) con el objetivo de estimular el crecimiento, la inmunidad innata y la tolerancia al estrés del bagre rayado. Se evaluó la ganancia de peso promedio, la tasa de crecimiento específico y la tasa de conversión alimenticia, también se investigaron los parámetros de inmunidad, la tasa de supervivencia de los peces expuestos a *Edwardsiella ictaluri* y la tolerancia al amoníaco. El estudio demostró que los probióticos sobrevivieron en el intestino del bagre rayado después de 90 días de alimentación. Por lo tanto, la suplementación dietética de una mezcla de *B. amyloliquefaciens* y *B. pumilus* a 5×10^8 UFC g⁻¹ puede usarse para mejorar la salud y la tasa de crecimiento del bagre rayado (Truong *et al.*, 2017).

En la India y Taiwán se realizó un estudio, donde se evaluó la suplementación dietética del probiótico *Bacillus licheniformis* sobre el rendimiento del crecimiento, los parámetros inmunitarios y las actividades de las enzimas antioxidantes en el suero y el moco, así como la resistencia contra *Aeromonas hydrophila* en la *Oreochromis mossambicus*. Los peces se alimentaron por separado con tres dietas: dieta comercial (control), dieta que contenía probióticos a 10^5 UFC g⁻¹ y dieta que contenía probióticos a 10^7 UFC g⁻¹. Los resultados demostraron que el peso final, la

tasa de crecimiento específico, y el índice de conversión alimenticia de los peces alimentados con probióticos mejoraron significativamente, también las actividades de fosfatasa alcalina, lisozima, mieloperoxidasa en el moco fueron mayores en los peces que consumieron las dietas con probióticos y en la prueba de provocación mostró que los peces de la segunda y tercera dieta mejoraron significativamente la resistencia contra *A. hydrophila*. En conclusión, el probiótico *B. licheniformis* se puede aplicar en la dieta a 10^7 UFC g⁻¹ para mejorar el estado de salud y la resistencia contra *A. hydrophila* en producción de tilapia (Gobi *et al.*, 2018).

En China, se evaluó los efectos de *Lactobacillus reuteri* en la dieta sobre el crecimiento, la retención de nutrientes, la salud intestinal y la microbiota en juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Después de 8 semanas, la tasa de aumento de peso, la tasa de crecimiento específico y la retención de lípidos mejoraron significativamente en los grupos R10 y R11. Además, la altura de las vellosidades y la secreción de mucina aumentaron significativamente en los grupos suplementados con *L. reuteri*. La actividad de la tripsina aumentó en el intestino anterior de los grupos R10 y R11 y en el intestino medio del grupo R11, mientras que la actividad de la lipasa aumentó en el intestino anterior del R11. Estos resultados indican que la suplementación dietética con *L. reuteri* a 10¹¹ CFU/kg promueve el crecimiento, la retención de nutrientes, la salud intestinal y la microbiota de *O. nilótico* (Li *et al.*, 2022).

En Eslovaquia, se evaluó la suplementación con bacterias ácido-lácticas sobre efectos positivos en la salud de la mucosa del salmón del Atlántico (*Salmo salar*) alimentado con harina de soja. Se formuló una dieta control con ingredientes marinos y 20% de harina de soya. Se produjeron tres dietas más recubriendo la dieta de control con dos bacterias, ya sea individualmente (*Lactobacillus plantarum*; *L. fermentum*) o en combinación. Los peces fueron alimentados con las dietas antes mencionadas durante 38 días. La alimentación de bacterias, individualmente o en combinación, alteró significativamente los ácidos grasos de cadena corta (ácido acetoacético, ácido láctico, ácido succínico, ácido propiónico) y los ácidos grasos totales en la digestión. También se observó un número significativamente mayor de células mucosas branquiales en los peces alimentados con la mezcla en comparación con el grupo de control. Las vacuolas supranucleares fueron más altas en los peces alimentados con una sola especie o con la mezcla, en comparación con el grupo de control. Por lo tanto, agregar los probióticos a una dieta de harina de soja puede elevar los ácidos grasos de cadena corta de la digestión y las

vacuolas supranucleares intestinales, lo que probablemente indica la prevención de la enteritis (Nimalan *et al.*, 2023).

En Egipto, se realizó un estudio para investigar los efectos de la dieta con *Lactobacillus plantarum* (HKL-137) sobre el crecimiento, la actividad de las enzimas digestivas, la morfología intestinal y el estado oxidativo en tilapia de cultivo mejorada genéticamente (GIFT). Durante 12 semanas, los peces recibieron una dieta de control (HKL0) o una dieta suplementada con HK L-137 a una concentración de 50 (HKL50), 100 (HKL100) o 1000 (HKL1000) mg por kg de alimento. En el muestreo final, el grupo HKL100 aumentó los parámetros de rendimiento en comparación con el grupo de control, mientras que los grupos HKL50 y HKL1000 mostraron mejoras más débiles. El grosor de la mucosa y la longitud de las vellosidades aumentaron en los grupos HKL50 y HKL100 en el intestino anterior, medio y posterior, pero el grosor muscular mejoró solo en el intestino anterior y medio. La actividad de amilasa, lipasa y proteasa aumentó en los peces alimentados con 50 o 100 mg de HK L-137 por kg de dieta en comparación con los peces de control. La modulación significativa del hematocrito sanguíneo, los niveles de hemoglobina y los recuentos de glóbulos rojos y glóbulos blancos fueron mejores en peces alimentados con HK L-137, mientras que el colesterol total y GPT se redujeron con HK L-137. Además, la actividad de las enzimas antioxidantes (SOD y CAT) fue más alto en el grupo HKL100 que en el grupo control y los peces alimentados con HK L-137 mostraron niveles mejorados de proteína sérica total. Por lo tanto, se concluyó que el uso de HK L-137 es una estrategia eficiente para lograr una producción de tilapia económicamente viable y sostenible (Dawood *et al.*, 2019).

1.2.1.2 Estudios sobre probióticos en el entorno nacional.

En el Valle del Cauca, se evaluó los efectos de enriquecer alimento comercial ITALCOL SA® con dos tipos de probióticos Bio-mos® y Biosa® y un prebiótico Orego-stim®, en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de tilapia roja en dos etapas productivas, de alevinaje y juveniles. Se propusieron dos pruebas, una con tilapias en etapa de alevinaje y otra con tilapias en etapa juvenil, para ello se utilizaron 600 alevines y 600 juveniles, en cada prueba fueron aprobados cuatro tratamientos con tres réplicas cada uno, dispuestos de la siguiente manera: alimentación solo con concentrado comercial (T0), alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Bio-mos® (T1), alimentación con concentrado

comercial enriquecido con prebiótico Orego-stim® (T2), alimentación con concentrado comercial enriquecido con probiótico Biosa® (T3). Los resultados del presente trabajo indicaron que enriquecer alimento comercial con un prebiótico Orego-stim® y dos probióticos Bio-mos® y Biosa®, no mejoró el crecimiento y el aprovechamiento nutritivo en alevines y juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) (Anacona, 2021)

En Popayán, se realizó una investigación donde se estudió la viabilidad del *Lactobacillus plantarum* B2A, impregnado en alimento de tilapia roja mediante el proceso de aspersión o inmersión. En el estudio de inmersión se evaluaron tres caudales volumétricos (0,2 0,3 y 0,4 L/min) y en el estudio de inmersión se analizaron tres tiempos (0,083 0,75 y 1,5 minutos). En ambos casos, se comprobó el índice de absorción y recuento en placa (UFC/g). Posteriormente, el alimento extruido se impregnó bajo las condiciones del mejor tratamiento de aspersión e inmersión. Se evaluaron dos temperaturas (45 y 55°C) y el concentrado impregnado se almacenó durante 30 días a tres temperaturas (4, 15 y 25°C), y las UFC/g y la flotabilidad se midieron cada cinco días. Los resultados demostraron que los procesos de aspersión e inmersión presentaron diferencias significativas para UFC/g e índice de absorción, indicando como mejor caudal a 0,3 L/min y mejor tiempo a 0,75 minutos respectivamente. Se concluyó que el proceso de aspersión y un almacenamiento entre 4 y 15°C, permiten mantener la viabilidad del microorganismo impregnado en un periodo de 30 días (Peña, 2017).

En Popayán, se realizó un estudio con el fin de evaluar la viabilidad del proceso de impregnación por aspersión de un microorganismo probiótico (*Bacillus sp* 074) sobre un alimento extruido para tilapia roja en etapa de engorde. Para el desarrollo de la investigación primero se estudió el tipo de aspersión (presión al vacío y presión atmosférica), para ambos casos las variables de respuesta fueron pruebas físicas (durabilidad, flotabilidad), y pruebas biológicas (UFC/g, resistencia a simulación de jugos gástricos UFC/g). Luego se impregnó el microorganismo en el alimento con el tratamiento de aspersión al vacío porque este arrojó mejores resultados con concentración de 108 UFC/g, posteriormente fue puesto a dos temperaturas (4°C y 25°C) durante 30 días, donde se tomaron muestras en los días 0, 15 y 30 para realizar las pruebas físicas y biológicas con el fin de determinar la viabilidad del microorganismo en cada espacio de tiempo. La temperatura de almacenamiento evaluada no generó diferencia en las variables unidades formadoras de colonia y digestibilidad, pero el tiempo disminuye la viabilidad y la capacidad de *Bacillus sp*

074 (Peña & Villamarin, 2018).

En Bogotá, se realizó un estudio donde se aislaron 120 morfotipos bacterianos de intestino de tilapia y se seleccionaron según su actividad antibacteriana contra patógenos como *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agalactiae* y *Edwardsiella tarda*, su capacidad de adherencia a mucus intestinal y cinética de crecimiento. Además, se evaluó su efecto *in vivo* sobre el crecimiento de los peces, mediante su adición al alimento de juveniles de *Oreochromis niloticus* (10^6 UFC/g, por 15 días). Se determinó la supervivencia luego de un desafío experimental con *Edwardsiella tarda* por inyección intraperitoneal ($100 \mu\text{L } 10^5$ UFC/ml). Las tres bacterias seleccionadas incrementaron la tasa de crecimiento específico, redujeron la mortalidad de los peces durante el desafío experimental con *E. tarda* y no causaron mortalidad durante la adición en el alimento (Villamil *et al.*, 2017).

En Antioquia, se evaluó la calidad higiénico-sanitaria de la tilapia (*Oreochromis sp*), suplementada con un consorcio de microorganismos probióticos nativos micro encapsulados. Se dividieron dos poblaciones de peces de tilapia en cuatro tanques (B3 y B6) alimentados con una dieta comercial más un consorcio de probióticos (*Bacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium* y *Lactobacillus delbrueckii sub bulgaricus*) a una concentración de 1×10^5 UFC/ g y en los otros tanques (B4 y B5) la dieta sin probióticos, a ambos grupos se les evaluó, variables zootécnicas, calidad nutricional, calidad microbiológica e higiénica; además de realizarles análisis morfométricos de las medidas de las crestas intestinales de ambos grupos a los 5 meses de producción. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la calidad microbiológica entre ambos grupos, sin embargo, sí se encontraron diferencias en las variables zootécnicas, los análisis morfométricos y los análisis sensoriales, infiriendo que el consumo de probióticos mejoran estas variables en cultivos de tilapia (Betancur, 2018).

En Cúcuta, se evaluó el comportamiento de juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) frente a los posibles microorganismos probióticos aislados del tracto gastrointestinal del pez panche (*Hypostomus plecostomus*). Se formularon tres tratamientos experimentales: el tratamiento uno o tratamiento control, el cual no contiene inclusión de probiótico; tratamiento dos compuesto por concentrado más probiótico nativo extraído del pez panche; el tratamiento tres lo compone el concentrado más un probiótico comercial. Los mejores reportes en cuanto a

ganancia en longitud fueron para el tratamiento con el probiótico nativo y se deduce que se establecieron con facilidad en el intestino del pez (*Oreochromis sp*) se determinó que, si existen diferencias significativas en los resultados de ganancia de longitud, para concentrado control vs concentrado más probiótico nativo para Tilapia roja en la etapa de levante por un período de 30 días (Vela *et al.*, 2016).

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para evaluar el efecto del uso de la cepas *Weissella cibaria* en alimentación de *Oreochromis* sp en fase levante, se divide en 7 etapas, de las cuales dos se elaboraron con el apoyo del equipo técnico del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* sp)”, financiado por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y ejecutado por la Universidad del Cauca que corresponden a los numerales 2.2 y 2.3. La metodología empleada para la evaluación se describe a continuación.

2.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Popayán, Cauca, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, en el laboratorio de Biotecnología localizado en la vereda las Guacas entre los 02° 45' 08,91" Latitud Norte y 76° 55' 10,86" Longitud Oeste, a una altura promedio de 1.737 m s. n. m., temperatura media de 19 °C y 1.800 mm de precipitación anual. La evaluación en peces se realizó en la caseta de bioensayos que se encuentra equipada con jaulas metabólicas cilindro cónicas en fibra de vidrio, termostatos para regular la temperatura por encima de los 26°C, simulando el embalse de la Salvajina, además de contar con aireación para proporcionarle oxígeno a los peces. Ver figura 2.

Figura 2. (A) Laboratorio de biotecnología. (B) Caseta de bioensayos.



Fuente: Este estudio, 2023

2.2 MATERIAL BIOLÓGICO

El material biológico necesario para el desarrollo del trabajo fué:

2.2.1 Juveniles de Tilapia roja. Para realizar la evaluación se emplearon 360 juveniles reversados de Tilapia roja, con un peso promedio de $14,99 \pm 1,43$ gramos, los cuáles fueron obtenidos de la estación piscícola APISMO (Asociación de Piscicultores de Morales), localizada en el embalse la Salvajina, vereda el Arenal del municipio de Morales, Cauca. Ver figura 3.

Figura 3. Recolección, transporte y distribución de juveniles de Tilapia roja.



Fuente: Este estudio, 2023

2.2.2 Bacteria *Weissella cibaria* UC - 031. A partir de la colección de bacterias probióticas del cepario del grupo de investigación Aprovechamiento de Subproductos Agroindustriales (ASUBAGROIN) de la Universidad del Cauca, se trabajó con la cepa ácido-láctica *Weissella cibaria* UC - 031, la cual fue aislada y caracterizada en el trabajo de grado de maestría: SELECCIÓN DE BACTERIAS PROBIÓTICAS AUTÓCTONAS DE SISTEMAS DE PRODUCCION DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) y TILAPIA (*Oreochromis* spp) MEDIANTE ENSAYOS *In vitro*, autor Iván Darío Otero Ramírez, realizado en la Universidad

Católica de Manizales en el marco del proyecto ALTPEZ. Esta cepa se encontraba crio-conservada en viales con glicerol al 60% a una temperatura de -20°C, la cual fue activada y masificada de acuerdo a lo que se describe a continuación en los numerales 2.2.2.1 y 2.2.2.2.

2.2.2.1 Activación de la bacteria *Weissella cibaria* UC - 031. Con el apoyo del equipo técnico del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* sp)”, se llevó a cabo una activación, en la cual consistió en transportar una colonia de la bacteria *Weissella cibaria* UC – 031 crio-conservada por una asada a 9ml caldo MRS en vista de que en este medio crece normalmente, luego se llevo a la incubadora marca Binder durante 24 horas a 37°C, para posteriormente ser masificada. Ver figura 4.

2.2.2.2 Masificación de la bacteria *Weissella cibaria* UC - 031. Para llevar a cabo la masificación se utilizó un medio de cultivo alternativo seleccionado previamente debido a respuestas obtenidas mediante pruebas de crecimiento en diferentes medios con seguimientos cada 12 horas, realizadas durante la ejecución del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* sp)”. El medio de cultivo alternativo cumplía con los requerimientos que necesita la bacteria para llegar a su mayor producción de biomasa (Yeo, *et al.*, 2018; Vargas, *et al.*, 2004; León de la O, *et al.*, 2013). A continuación, en la tabla 3 se presenta la composición nutricional del medio de cultivo alternativo utilizado.

Tabla 3. Composición nutricional del medio de cultivo alternativo.

Componente	Cantidad
Extracto de levadura	5,0 g/L
Melaza de caña	32 g/L
Mínimo de sales	
Fosfato de potasio	0,5 g/L
Sulfato de sodio	2,0 g/L
Sulfato de hierro	0,0003 g/L

Cloruro de amonio	1,0 g/L
Cloruro de calcio	0,001 g/L
Cloruro de magnesio	5 ppm

Fuente: Proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis sp*)”.

El procedimiento que se realizó para la masificación de la cepa *Weissella cibaria* UC-031 con el apoyo del equipo técnico del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis sp*)” fue el siguiente: posteriormente a la incubación realizada en el numeral 2.2.2.1 se pasó 1 ml del inóculo obtenido a 9 ml de medio de cultivo alternativo, este se llevó a la incubadora marca Binder por 24 horas a 37°C, cumplido el tiempo se pasaron los 10 ml obtenidos en el anterior crecimiento a 80 ml del medio, el cual se incubo nuevamente por 24 horas a 37°C, obteniendo así 90 ml de la bacteria, estos se pasaron a 810 ml de medio de cultivo alternativo, para obtener 900 ml de inóculo. En cada pase que se realizó se hizo una verificación de la pureza del microorganismo mediante una tinción de Gram (Herrera, 2018). Los 900 ml obtenidos se incubaron a 37°C por 24 horas, después fueron llevados a la centrifugadora refrigerada marca Hermle Z 326K a 8000 rpm por 10 minutos a una temperatura de 4°C, obteniendo el inóculo y sobrenadante que se emplearan en el numeral 2.3.4. Ver figura 4.

Figura 4. Proceso de activación y masificación de la bacteria *Weissella cibaria* UC – 031.



Fuente: Este estudio, 2023

2.3 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DEL ALIMENTO PROBIÓTICO.

Para la formulación y preparación de la dieta del alimento probiótico se realizaron los siguientes pasos:

2.3.1 Preparación de materias primas. Para la preparación de materias primas se utilizó torta de soya, harina de pescado, harina de maíz, mogolla de trigo, gluten de maíz, premezcla de vitaminas y minerales, entre otras. Estas se pasaron por un tamiz de 425 µm, se pesaron y fueron homogeneizadas por una batidora SINMAG SM-401 por 40 minutos, para obtener una adecuada preparación del alimento balanceado para tilapia, el cual fue impregnado con la bacteria *Weissella cibaria* UC – 031. Ver figura 5.

2.3.2 Formulación y caracterización de la dieta de referencia. La formulación del alimento que se preparó para tilapia en el cual se impregnó la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 se hizo con base a los requerimientos nutricionales de la especie para la fase de levante, además a este se le realizó una caracterización química para determinar el contenido de materia seca, cenizas, proteína bruta, perfil de aminoácidos, fibra bruta, extracto etéreo, calcio y fósforo, cada uno descrito por la AOAC número 950.43, 920.153, 981.10, 994.12, 962.09, 991.36, 985.35 y 995.11 respectivamente (AOAC, 1990-2006), además del contenido de energía bruta mediante bomba calorimétrica de chaqueta CAL2k® (Perea *et al.*, 2017). La formulación y la caracterización de la dieta de referencia se realizaron durante la ejecución del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis sp*)”. La composición nutricional y química de la dieta de referencia utilizada se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Composición nutricional y química de la dieta de referencia.

Materia prima	Cantidad (%)
Harina de pescado	32,00
Harina trigo	3,90
Aceite vegetal	2,00
DL-metionina	0,57
Biomix ^l	2,70
Triptófano	0,26
Salvado de maíz	2,00
Torta de soya	36,00
harina de maíz amarillo	10,18

Mogolla de trigo	4,20
Harina de yuca	3,00
Bentonita	1,60
Sal	1,594
Total	100,00
Composición Química de la Dieta	
PC (%)	38,58
E.E (%)	5,41
CHO (%)	34,38
F.B (%)	1,44
Cenizas (%)	14,02
E.D (kcal/kg)	3101,98
Ca (%)	1,79
P (%)	1,11
Metionina (%)	1,50
Lisina (%)	2,12
Triptófano (%)	0,50
Treonina (%)	0,95

Fuente: Proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis sp*)”.

^l Premezcla de vitaminas y minerales: Premezcla de vitaminas, minerales y adictivos – Biomix S.A© (Composición por kilogramo de producto): Vitamina A (800.000 UI); vitamina D3 (300.000 UI); vitamina E(11,0 g); vitamina K (2,2 g); vitamina B12 (0,01 g); tiamina (0,6 g); riboflavina (3,6 g); piridoxina (5,6 g); biotina (0,08 g); ácido pantoténico (6,8 g); niacina (5,6 g); ácido fólico (1,0 g); vitamina C (25,0 g); cloruro de colina (70,0 g); yodo (0,3 g); selenio (0,05 g); hierro (6,0 g); cobre (1,2 g); zinc (16,0 g); manganeso (7,0 g); cobalto (0,1 g); antioxidante (30,0 g).

2.3.3 Extrusión del alimento probiótico. Con el apoyo del equipo técnico del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis sp*)”, el alimento se procesó en un extrusor de doble tornillo compacto marca Haake PolyLab OS con una capacidad de 100 kg/día, este se trabajó con una boquilla de 3 mm a una temperatura de 123°C, obteniendo pellets de 5 mm de longitud y 4,5 mm de espesor en promedio, estos se secaron a 50°C por 2 horas para obtener una humedad final entre 8-10% (Pantoja *et al.*, 2011). Ver figura 5.

Figura 5. Preparación de la dieta.



Fuente: Este estudio, 2023

2.3.4 Impregnación del alimento probiótico. Para el proceso de impregnación de la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 en el alimento extruido se utilizó el equipo Autojet modelo 1550 acoplado a un impregnador al vacío MP/IV 05. Para realizar este proceso primero se adecuó el equipo Autojet modelo 1550, el cual está conformado por un módulo principal en el que se encuentra el software que permite controlar el

proceso de aspersión, donde se trabajó con un ciclo de trabajo de 20% y un periodo de Spray de 41,38 segundos, complementando a este módulo de aspersión se tiene un tanque presurizado en acero inoxidable 304 modelo 22140 con una capacidad de 7,6 litros, en el interior de este se adicionó el volumen del microorganismo a impregnar (900 ml de solución de *Weissella cibaria* UC – 031 para obtener una biomasa entre 1×10^6 y 1×10^7 UFC/g en el alimento), por último se encuentra una boquilla de la serie PulsaJet 10000 AUH-10-NC de adicionar hidráulico con una punta estándar de aspersión plana UniJet 11001, encargada de atomizar la solución de la bacteria *Weissella cibaria* UC – 031. Al terminar la adecuación del equipo se realizó una depuración de este con 50 ml de agua destilada, aplicando 1,4 bares de presión por 10 segundos de aspersión y 20% de Pulse Width Modulation (PWM) o ciclo de trabajo (control de flujo de aspersión), posteriormente se depositó en la canastilla de acero inoxidable ubicada en el impregnador la dieta obtenida en el numeral 2.3.3 y se procedió a realizar la impregnación del alimento con el inóculo preparado en el numeral 2.2.2.2 del cual se tomaron muestras para determinar el UFC/ml por conteo en placa, esto se realizó antes de impregnar el alimento. Una vez se terminó el proceso de impregnación se procedió a retirar el alimento del equipo y se llevó en bandejas plásticas al horno marca Binder a una temperatura de 40°C, obteniendo una humedad final entre el 8% y el 10%. Para verificar las concentraciones de la bacteria (UFC) en el alimento se realizó un conteo en placa, el cual consistió en realizar una siembra de la bacteria en cajas de petri con agar MRS y al cabo de 24 horas contra las colonias resultantes (Peña, 2017). Todo este proceso fue realizado mediante el apoyo del equipo técnico del proyecto “Validación del uso de un alimento probiótico obtenido a partir de cepas autóctonas como alternativa para mejorar los parámetros productivos, inmunológicos y fisiológicos en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* sp)”. Ver figura 6.

Figura 6. Proceso de impregnación de alimento para juveniles de Tilapia roja.



Fuente: Este estudio, 2023

2.4 PLAN DE MANEJO PARA LA EVALUACIÓN EN JAULAS METABÓLICAS.

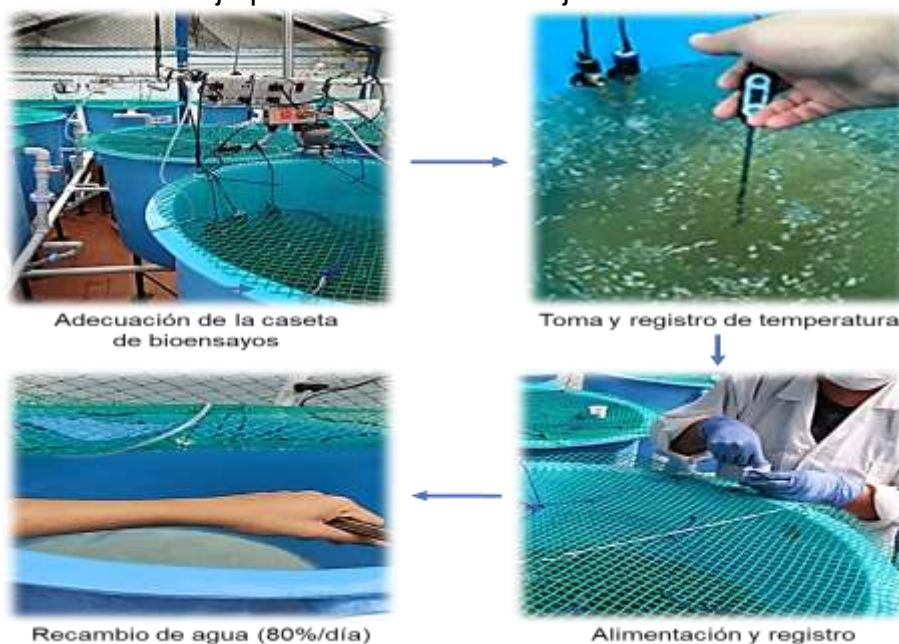
Antes de realizar la evaluación, se lavaron y desinfectaron jaulas metabólicas, pisos, paredes y equipos (hipoclorito de sodio a razón de 100 ppm), además se realizó un tratamiento profiláctico que se preparó con una mezcla de azul de metileno con una concentración de 1 g/20 litros de agua, de esta solución se adicionó 150 ml en cada tanque durante cinco días (Graces *et al.*, 2021). Durante la prueba se llevaron registro de mortalidad (ver anexo A), biometría (ver anexo B), temperatura (ver

anexo C) y consumo de alimento (ver anexo D). Para almacenar las dietas se emplearon recipientes plásticos con tapa para prevenir humedad. La evaluación tuvo una duración de 45 días de los cuales 15 fueron destinados a la adaptación de los juveniles de Tilapia roja, estos se alimentaron tres veces al día (8:00h, 12:00h y 16:00h), de acuerdo a su peso corporal, teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

Ingesta de alimento g/pez(día=0,15× [peso del pez] ^0,600)) (Lupatsch, 2012).
Ec.1

La calidad fisicoquímica del agua fue monitoreada cada 15 días por medio de la metodología NANOCOLOR® con el PHOTOMETER PF-11, verificando su cumplimiento de acuerdo a los requerimientos de la especie. Los parámetros evaluados son: oxígeno disuelto, pH, alcalinidad de carbonatos, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, amonio, nitritos y nitratos. Además, se evaluó la temperatura, para ello se utilizó termómetro digital de punzón, y se llevó a cabo un recambio de agua a razón de 80% por día. Las jaulas estuvieron provistas de termostatos para mantener la temperatura regulada en 26°C, simulando la temperatura de las estaciones piscícolas del embalse La Salvajina, zona de mayor producción de tilapia en el departamento del Cauca. Para realizar esta evaluación se tuvo en cuenta la Ley 84 del 27 de diciembre de 1989 la cual se adopta con el fin de buscar bienestar animal. Ver figura 7.

Figura 7. Plan de manejo para la evaluación de jaulas metabólicas.



Fuente: Este estudio, 2023

En los anexos E, F, G, H e I se citan los protocolos utilizados para la medición de parámetros fisicoquímicos del agua.

2.5 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE CRECIMIENTO.

Los índices de crecimiento se evaluaron al final del estudio, mediante registros de temperatura, los cuales se realizaron 3 veces al día, además de dos biometrías una inicial y una al final de la evaluación, no se realizan más de dos biometrías dado que la manipulación seguida a los peces les causa estrés, lo que no permite ver de forma correcta el comportamiento de la cepa en el pez (Vázquez, 2013). Para las biometrías se recolectaron los juveniles de tilapia en recipientes plásticos, donde se sedaron con aceite de clavo (a razón de 40 ppm), para poder tener una correcta manipulación de estos, luego se procedió a realizar un pesaje con balanza electrónica a cada uno de los individuos y determinación de talla con cinta métrica, para la cual se mide desde el inicio de la boca del pez hasta el final de la cola del mismo, con las cuales se puede determinar las variables evaluadas, las cuales fueron: incremento de peso - IP (Ec.2), incremento de talla - IT (Ec.3), tasa de crecimiento diaria - TCD (Ec.4), tasa de crecimiento instantánea - TCI (Ec.5) y el coeficiente térmico de crecimiento - CTC (Ec.6) (Perea, 2016). Ver figura 8. La evaluación se realizó teniendo en cuenta las ecuaciones 2,3, 4, 5 y 6:

$$IP = \text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)} \quad \text{Ec.2}$$

$$IT = \text{Talla inicial (cm)} - \text{Talla final (cm)} \quad \text{Ec.3}$$

$$TCD = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}} \quad \text{Ec.4}$$

$$TCI = 100 \times \frac{\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}}{\text{Tiempo (días)}} \quad \text{Ec.5}$$

$$CTC = \frac{1000 \times ((\text{Peso final})^{\frac{1}{3}} - (\text{Peso inicial})^{\frac{1}{3}})}{\sum \text{Temperatura } ^\circ\text{C (dia)}} \quad \text{Ec.6}$$

2.6 DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA ALIMENTICIA Y ECONÓMICA.

Para determinar la productividad se evaluó el consumo de alimento - CA (Ec.7), para este se tuvo en cuenta el alimento rechazado por el pez, siendo este el que se

recoge al finalizar cada jornada de alimentación; índice de conversión alimenticia .- ICA (Ec.8), está la componen la ingesta total de alimentos sobre el incremento de peso, donde la ingesta total de alimento, es la cantidad de alimento consumido durante el tiempo de evaluación, por lo que se obtuvo de la variable consumo de alimento y el incremento de peso lo obtenemos de los índices de crecimiento, obtenidos mediante biometrías; tasa de alimentación diaria - TAD (Ec.9); tasa de eficiencia proteica - TEP (Ec.10) para esta variable se tiene en cuenta la proteína consumida por el animal, por lo que se obtiene multiplicando la cantidad de proteína que contiene el alimento y la cantidad que consumió de este el pez durante la evaluación; tasa eficiencia energética - TEE (Ec.11), para esta variable se tiene en cuenta la energía consumida, por lo que se obtiene multiplicando la cantidad de energía que contiene la dieta por la cantidad consumida por el animal durante los días experimentales; índice de conversión económica - ICE (Ec.12) para esta variable se obtiene el precio del alimento, teniendo en cuenta materias primas y mano de obra, además de equipos utilizados, este es multiplicado por la cantidad de alimento consumido en la dieta; e índice de rentabilidad económica - IRE (Ec.13) (Perea, 2016; Perea et al., 2018), estas ecuaciones fueron determinadas a partir de dos biometrías inicial y final, registros de consumo de alimento y costos de la alimentación. Ver figura 8. Las ecuaciones utilizadas en la evaluación 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 se describen a continuación.

$$CA = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado} \quad \text{Ec.7}$$

$$ICA = \frac{\text{Ingesta total de alimento (g)}}{\text{Incremento de peso (g)}} \quad \text{Ec.8}$$

$$TAD = 100 \times \frac{\text{Ingesta total de alimento (g)}}{\text{Biomasa media (g)}} \times \text{Días experimentales} \quad \text{Ec.9}$$

$$TEP = \frac{\text{Incremento de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}} \quad \text{Ec.10}$$

$$TEE = \frac{\text{Incremento de peso (g)}}{\text{Energía consumida (g)}} \quad \text{Ec.11}$$

$$ICE = ICA \times \text{Precio de la dieta} \quad \text{Ec.12}$$

$$IRE = (\text{Peso final} \times \text{Precio de venta}) - (ICE \times IP) \quad \text{Ec.13}$$

Figura 8. Proceso de biometría.



Fuente: Este estudio, 2023

2.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para evaluar el efecto de cepas silvestres probióticas en la alimentación de tilapia, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), en el que se evaluó cuatro tratamientos y 3 réplicas, cada réplica (tanque de 250 litros con 30 peces) fue tomada como una unidad experimental. A continuación, en la tabla 5, se citan los tratamientos evaluados y las variables de respuesta.

Tabla 5. Tratamientos y variables de respuesta evaluados.

Tratamiento	Descripción	Variables de respuesta
T0	Alimento sin probiótico (control)	Parámetros de crecimiento: incremento de peso (IP), incremento de talla (IT), tasa de crecimiento diaria (TCD), tasa de

T1	Alimento impregnado con el medio sin microorganismo	crecimiento instantánea (TCI), coeficiente térmico de crecimiento (CTC).
T2	Alimento probiótico (1×10^6 UFC/g)	Parámetros de eficiencia productiva: consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia proteica (TEP) y de energía (TEE), índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE).
T3	Alimento probiótico (1×10^7 UFC/g)	

Cada una de las variables determinadas, fueron analizadas mediante la aplicación de un análisis de varianza. Se utilizó el test de Duncan (Duncan, 1965) para la comparación de la media, un valor de ($\alpha < 0,05$) se tomó como diferencia significativa para destacar cuál o cuáles de los tratamientos presenta un mejor comportamiento para ello se empleó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 94.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de evaluación la sobrevivencia fue del 99,17% en promedio para todos los tratamientos; las condiciones fisicoquímicas del agua estuvieron acordes a las necesidades de la especie estudiada, la temperatura promedio del agua registrada fue de $26,4 \pm 0,3$ °C; pH de $6,8 \pm 0,0$; oxígeno disuelto $5,1 \pm 0,0$ mg/L; demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO₅) fue de $1,5 \pm 0,0$ y $3,98 \pm 0,1$ mg/L respectivamente; la alcalinidad de carbonatos fue de $0,9$ mmol/L $\pm 0,0$; nitritos $0,1 \pm 0,0$ mg/L; nitratos de $0,6 \pm 0,0$ mg/L y el amonio $1,3 \pm 0,2$ mg/L (Perea *et al.*, 2018).

3.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CRECIMIENTO.

En la tabla 6, se muestran los resultados obtenidos de los parámetros de crecimiento.

Tabla 6. Valores medios de los parámetros de crecimiento de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.

Variable	T0 (Alimento sin probiótico)	T1 (Alimento impregnado con el medio sin microorganismo)	T2 (Alimento probiótico (1×10^6 UFC/g))	T3 (Alimento probiótico (1×10^7 UFC/g))	ANOVA Pr > F
Pi ^{II} (g)	$14,04 \pm 0,21^a$	$14,30 \pm 0,62^a$	$14,15 \pm 0,37^a$	$14,44 \pm 0,29^a$	0,6566
Ti ^{III} (cm)	$9,26 \pm 0,09^b$	$9,58 \pm 0,16^{ab}$	$9,44 \pm 0,13^a$	$9,54 \pm 0,12^a$	0,0581
Pf ^{IV} (g)	$59,22 \pm 1,05^c$	$63,23 \pm 0,95^b$	$65,32 \pm 0,39^a$	$66,08 \pm 1,53^a$	0,0002
Tf ^V (cm)	$14,75 \pm 0,20^b$	$15,17 \pm 0,31^{ab}$	$15,33 \pm 0,42^{ab}$	$15,52 \pm 0,26^a$	0,0724
IP ^{VI} (g)	$45,19 \pm 1,22^c$	$48,93 \pm 1,57^b$	$51,16 \pm 0,64^{ab}$	$51,64 \pm 1,28^a$	0,0007
IT ^{VII} (cm)	$5,50 \pm 0,29^a$	$5,59 \pm 0,25^a$	$5,90 \pm 0,51^a$	$5,98 \pm 0,16^a$	0,2820
TCD ^{VIII} (g/día)	$1,02 \pm 0,03^c$	$1,11 \pm 0,04^b$	$1,16 \pm 0,01^{ab}$	$1,17 \pm 0,03^a$	0,0009
TCl ^{IX} (%/día)	$3,27 \pm 0,07^b$	$3,38 \pm 0,13^{ab}$	$3,48 \pm 0,07^a$	$3,46 \pm 0,02^a$	0,0585
CTC ^X	$1,27 \pm 0,02^b$	$1,31 \pm 0,05^{ab}$	$1,37 \pm 0,03^a$	$1,37 \pm 0,02^a$	0,0193

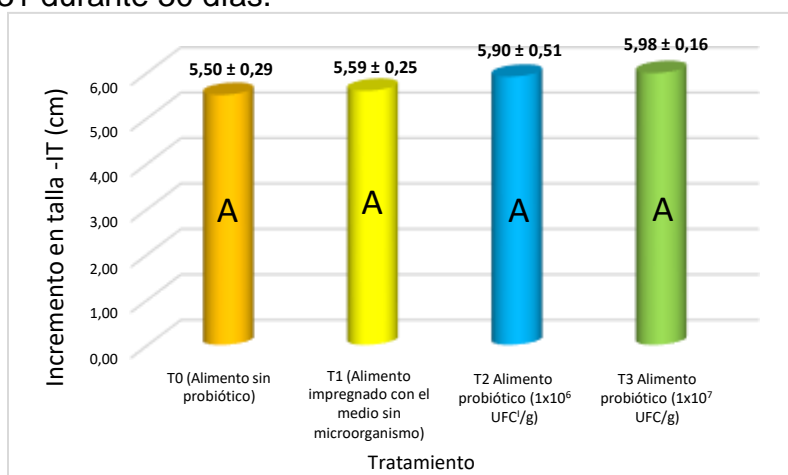
Letras diferentes en la misma fila representan diferencias significativas (P<0,05)

Fuente: Este estudio, 2023

^IUFC (Unidades formadoras de colonias); ^{II}Pi (Peso inicial); ^{III}Ti (Talla inicial); ^{IV} Pf (Peso final); ^VTf (Talla final); ^{VI}IP (Incremento en peso); ^{VII}IT (Incremento en talla); ^{VIII}TCD (Tasa de crecimiento diaria); ^{IX}TCl (Tasa de crecimiento instantánea); ^XCTC (Coeficiente térmico de crecimiento).

3.1.1 Incremento en talla (IT). Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se observó que los valores para el incremento en talla no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. De acuerdo con lo referenciado en la figura 9, desde el punto de vista biológico se observa que los peces alimentados con probiótico T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g) presentaron un incremento en talla ligeramente superior a los alimentados sin probiótico T0 (alimento sin probiótico) y T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo).

Figura 9. Valores medios obtenidos para incremento en talla (IT) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC-031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonias).

El incremento en talla obtenido por los juveniles de Tilapia roja alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 podría deberse a que el uso de probióticos en la alimentación incrementa el desarrollo y crecimiento en el pez, y además ayudan en la captación de nutrientes por su capacidad de sintetizar enzimas digestivas, estos también pueden tener efectos inmunorreguladores y estimulantes de la microflora intestinal benéfica (Rodríguez, 2017; Pérez *et al.*, 2020).

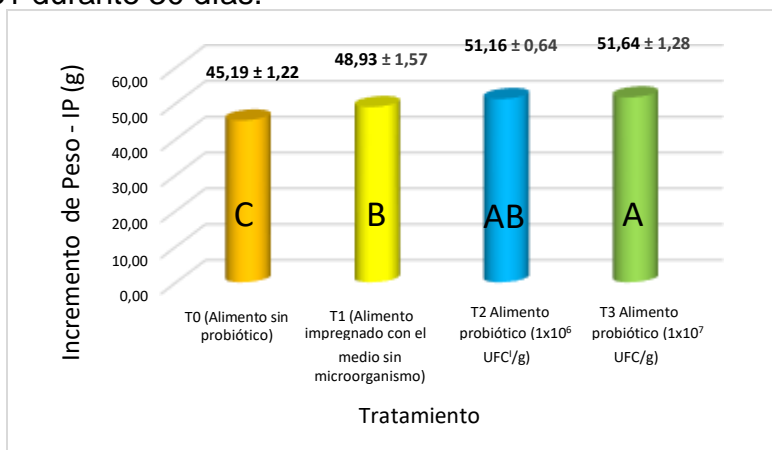
Los resultados presentados en este estudio fueron superiores a los reportados en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) por Nimalan *et al.*, (2023); al evaluar la combinación de dos cepas probióticas *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus fermentum* a una concentración de 1×10^8 UFC/g, encontrando valores para

incremento en talla de $3,4 \pm 0,3$ cm; y a los reportados en juveniles de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) por Brito *et al.*, (2019) al evaluar el probiótico comercial BACTOGRO, presentando valores de $1,4 \pm 0,3$ cm. Por su parte, Haitiano *et al.*, (2016) obtuvieron resultados superiores en Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) con la administración dietética de *Bacillus subtilis* HAINUP40 a una concentración de 1×10^8 UFC/g, citando valores de $7,48 \pm 0,1$ cm.

En relación con lo anterior se puede inferir que al utilizar bacterias probióticas nativas masificadas en medios alternativos permite mejorar el crecimiento en juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), obteniendo un comportamiento superior en comparación a probióticos comerciales.

3.1.2 Incremento en peso (IP). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en el incremento en peso entre los tratamientos evaluados. Los peces alimentados con probióticos T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g) presentaron mayor incremento en peso, mientras que los alimentados sin probiótico T0 (alimento sin probiótico) y T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo) obtuvieron menor valor para este parámetro (ver figura 10).

Figura 10. Valores medios obtenidos para incremento en peso (IP) en juveniles de *Oreochromis sp* alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC-031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

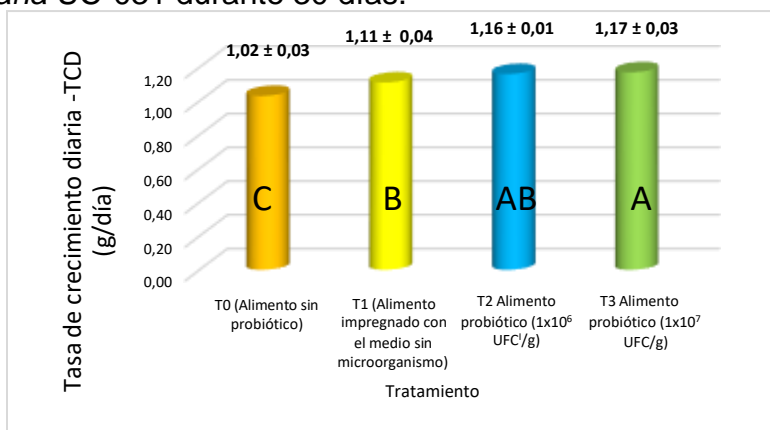
¹UFC (Unidades formadoras de colonias).

En relación con lo anterior, el incremento en peso obtenido en el alimento impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, podría estar relacionado a que los microorganismos probióticos tienen efectos benéficos en los procesos digestivos y pueden verse reflejados en su desempeño y ganancia de peso (Ardila, 2017). Por otro lado, los valores obtenidos en este estudio para incremento en peso, fueron similares a los citados en tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) por Van Doan *et al.*, (2020) al evaluar la administración dietética con la cepa *Lactobacillus plantarum* CR1T5 a una concentración de 1×10^8 UFC/g, obteniendo valores de incremento en peso de $51,84 \pm 0,52$ g; resultados inferiores fueron citados en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) por El-Sayed *et al.*, (2016) al evaluar la cepa *Lactobacillus plantarum* AH 78 a una concentración de $3,4 \times 10^8$ UFC/g encontrando valores de 29,52 g; así mismo, a los reportados en Tilapia de genéticamente mejorada (GIFT) por Dawood *et al.*, (2019) con la cepa *Lactobacillus plantarum* (L-137), presentando resultados de 29,2 g.

Actualmente existen diversas investigaciones de los efectos de cepas de *Lactobacillus* (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus fermentum*), sobre parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo en diferentes especies acuícolas como es el caso de la Tilapia, sin embargo, el potencial probiótico del género *Weissella* no ha sido muy explorado en peces como *Oreochromis* sp. De acuerdo a los resultados anteriormente expuestos para incremento de peso, se puede deducir que la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, mejoro significativamente este parámetro en juveniles de Tilapia roja, presentando resultados superiores a los reportados con *Lactobacillus*.

3.1.3 Tasa de crecimiento diaria (TCD). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó que se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados para la TCD. Los mejores resultados fueron presentados por los peces alimentados con probióticos T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g), frente a los que no recibieron probióticos en la alimentación T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo), T0 (alimento sin probiótico) (ver figura 11).

Figura 11. Valores medios obtenidos para tasa de crecimiento diaria (TCD) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC-031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$).

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonias)

La mejora en la tasa de crecimiento diaria de los peces alimentados con probióticos, puede deberse a que los microorganismos probióticos pueden afectar directamente la digestibilidad mejorando el crecimiento, puesto que algunas cepas probióticas pueden ser una fuente de nutrientes, como ácidos grasos, biotina y vitamina B12 y su acción en el tracto digestivo estimula las actividades totales de las enzimas digestivas, como amilasa, quitinasa, lipasa, y proteasa, además los probióticos contribuyen a mejorar el consumo de alimento y la absorción de nutrientes, por lo tanto un mejor rendimiento del crecimiento (El-Saadoni *et al.*, 2021; Simón *et al.*, 2021).

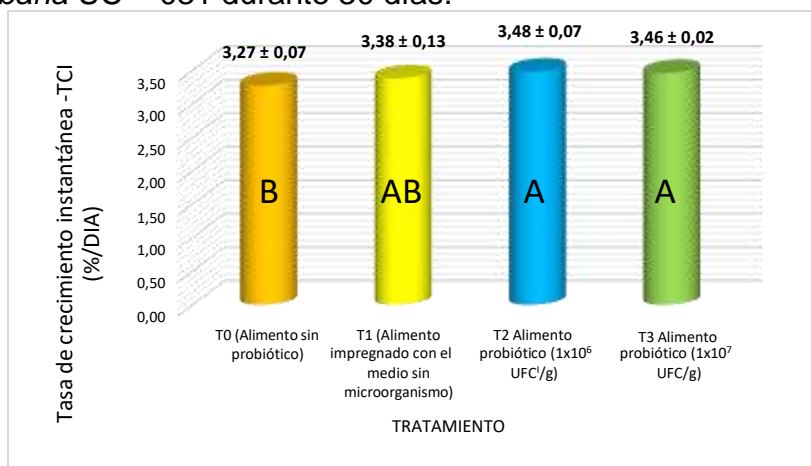
Los resultados presentados en este estudio fueron superiores a los registrados en juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) por Mohammadian *et al.*, (2018) quienes evaluaron dietas con *Lactobacillus bulgaricus* a una concentración de 5×10^7 UFC/g, registrando valores para tasa de crecimiento diaria de 0,80 g/día; así como también los obtenidos por El-Sayed *et al.*, (2016) en juveniles de Tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) al evaluar dietas suplementadas con la cepa probiótica *Lactobacillus plantarum* AH 78 a una concentración de $3,4 \times 10^8$ UFC/g, presentando valores de 0,50 g/día; y a los citados por Sewaka *et al.*, (2019) quienes evaluaron dietas suplementadas con alcachofa de Jerusalén simbiótica y *Lactobacillus rhamnosus* GG a una concentración de 1×10^8 UFC/g en

juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*), reportando datos de 0,50 g/día. Sin embargo, fueron inferiores a los expuestos por Nimalan *et al.*, (2023) en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) al evaluar la combinación de dos cepas probióticas *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus fermentum* a una concentración de 1×10^8 UFC/g, obteniendo valores de 1,76 g/día.

Como se observó anteriormente, en este estudio se usaron concentraciones 1×10^7 UFC/g y 1×10^6 UFC/g de la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, dichas concentraciones presentaron mejores valores en la tasa de crecimiento diaria de los peces a comparación de los obtenidos individualmente por cepas de *Lactobacillus*, donde se usaron concentraciones más altas de microorganismo pero obteniendo valores más bajos para esta variable, por lo tanto, se puede inferir que *Weissella cibaria* posee un gran potencial probiótico.

3.1.4 Tasa de Crecimiento instantánea (TCI) y coeficiente térmico de crecimiento (CTC). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó que los valores de tasa de crecimiento instantánea y coeficiente térmico de crecimiento presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. Los resultados para la tasa de crecimiento instantánea y coeficiente térmico de crecimiento, fueron superiores en los peces alimentados con concentrado impregnado con *Weissella cibaria* UC – 031 T2 (1×10^6 UFC/g) y T3 (1×10^7 UFC/g), frente a los que no se alimentaron con probiótico T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo) y T0 (alimento sin probiótico), (ver figura 12 y 13).

Figura 12. Valores medios obtenidos para tasa de crecimiento instantánea (TCI) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.

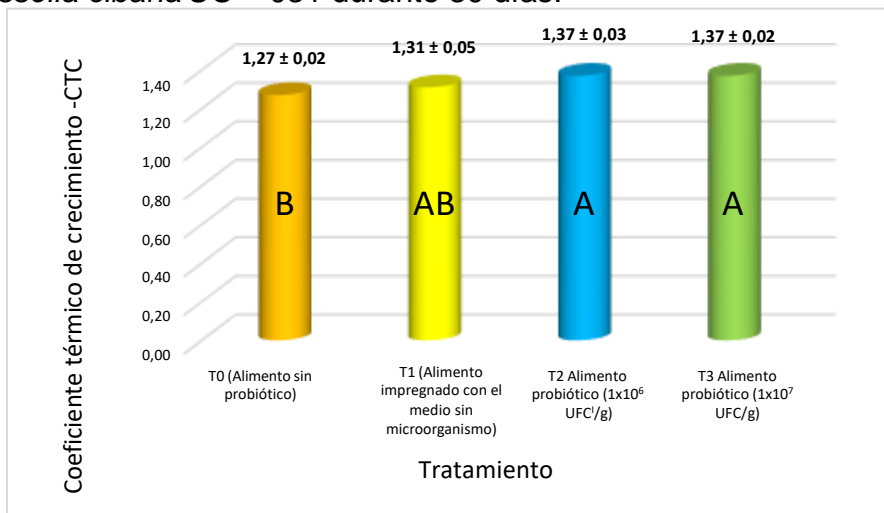


Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonias).

Figura 13. Valores medios obtenidos para coeficiente térmico de crecimiento (CTC) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras colonia).

Los mejores valores obtenidos para la tasa de crecimiento instantánea y coeficiente térmico de crecimiento fueron obtenidos por los juveniles de Tilapia roja alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, esto puede

deberse a que los probióticos estimulan el apetito y mejoran la nutrición mediante la producción de vitaminas. Esta mejora también está relacionada con la capacidad de las cepas probióticas para colonizar el intestino de los peces y, en consecuencia, mejorar la producción de ácidos orgánicos, junto con la activación de las enzimas digestivas. Los niveles altos de actividad enzimática estimulan la hidrólisis de los componentes de la dieta y, por lo tanto, facilitan la absorción de los nutrientes del alimento mejorando el rendimiento del crecimiento (Wang *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2017; El-Sayed *et al.*, 2016). Por otro lado, la temperatura del agua en este estudio se mantuvo de $26,4 \pm 0,03$ °C, de acuerdo a Perdomo *et al.*, (2012) el rango óptimo para este parámetro es de 25 a 30°C, por lo que se puede inferir que la temperatura no afectó el crecimiento de los peces, sino que este estuvo influenciado por los efectos de los probióticos, como mejor eficiencia y asimilación de los nutrientes de la dieta (Simón *et al.*, 2021)

Los resultados expuestos para tasa de crecimiento instantánea en este estudio fueron superiores a los citados en Carpa común (*Cyprinus carpio* L.) por Feng *et al.*, (2019), a partir de la cepa probiótica *Lactococcus lactis* Q-8 a una concentración de 5×10^8 UFC/g, presentando valores para la tasa de crecimiento instantánea de $2,22 \pm 0,03$ %/día; a los citados por Dawood *et al.*, (2019) quienes evaluaron la utilización de la cepa *Lactobacillus plantarum* L-137 en dietas para alimentación de Tilapia genéticamente mejorada (GIFT), registrando valores de $2,3 \pm 0,4$ %/día; así mismo a los encontrados en Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) por Haitiano *et al.*, (2017) quienes evaluaron la administración dietética de *Bacillus subtilis* HAINUP40 a una concentración de 1×10^8 UFC/g, reportando valores de $2,17 \pm 0,26$ %/día.

Referente a los resultados obtenidos para coeficiente térmico de crecimiento en esta investigación, fueron superiores a los citados en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp) por Sewaka *et al.*, (2018) quienes obtuvieron un valor de 0,80 para esta variable, a partir de dietas suplementadas con alcachofa de Jerusalén simbiótica y *Lactobacillus rhamnosus* GG a una concentración de 1×10^8 UFC/g; similares a los presentados en juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) por Mohammadian *et al.*, (2018) quienes obtuvieron un valor de 1,34 al evaluar dietas con *Lactobacillus bulgaricus* a una concentración de 5×10^7 UFC/g; e inferiores a los reportados en salmón del Atlántico (*Salmo salar*) por Nimalan *et al.*, (2023) con la combinación de dos cepas probióticas *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus fermentum* a una concentración de 1×10^8 UFC/g, presentando resultado de 2,63.

De acuerdo a lo expuesto, se puede inferir que la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 tiene un gran potencial como probiótico en la piscicultura, ya que los juveniles de tilapia roja tuvieron un mejor comportamiento en TCI y CTC, que los peces a los cuales se les suministro dietas con *Lactobacillus* sp en los estudios referenciados. Sumado a lo anterior, cabe destacar que las concentraciones de *Weissella cibaria* UC – 031 fueron menores a diferencia de las usadas en los estudios realizados con *Lactobacillus* sp, deduciendo que *Weissella cibaria* UC – 031 puede ser más eficiente como probiótico.

3.2 DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA ALIMENTICIA Y ECONÓMICA.

A continuación, en la tabla 7 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros de eficiencia alimenticia y económica.

Tabla 7. Valores medios de los parámetros de eficiencia alimenticia y económica: de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.

Variable	T0 (Alimento sin probiótico)	T1 (Alimento impregnado con el medio sin microorganismo)	T2 Alimento probiótico (1x10 ⁶ UFC/g)	T3 Alimento probiótico (1x10 ⁷ UFC/g)	ANOVA Pr > F
CA ^{II} (g MS /pez)	55,20 ± 1,20 ^a	54,77 ± 0,38 ^a	55,35 ± 1,30 ^a	53,66 ± 0,42 ^a	0,5178
ICA ^{III}	1,22 ± 0,03 ^a	1,12 ± 0,03 ^b	1,08 ± 0,03 ^c	1,04 ± 0,01 ^d	<0,0001
TAD ^{IV} (%/día)	4,07 ± 0,11 ^a	3,73 ± 0,10 ^b	3,60 ± 0,10 ^b	3,46 ± 0,05 ^c	<0,0001
TEP ^V	2,12 ± 0,10 ^d	2,31 ± 0,11 ^c	2,39 ± 0,11 ^b	2,49 ± 0,06 ^a	<0,0001
TEE ^{VI}	0,26 ± 0,70 ^c	0,29 ± 0,77 ^b	0,29 ± 0,76 ^b	0,31 ± 0,44 ^a	<0,0001
ICE ^{VII}	2677,13 ± 69,90 ^a	2521,20 ± 67,14 ^c	2557,01 ± 69,53 ^{bc}	2635 ± 36,62 ^{ab}	0,0113
IRE ^{VIII}	530,47 ± 11,47 ^b	572,16 ± 10,65 ^a	587,67 ± 6,72 ^a	590,47 ± 16,05 ^a	0,0002

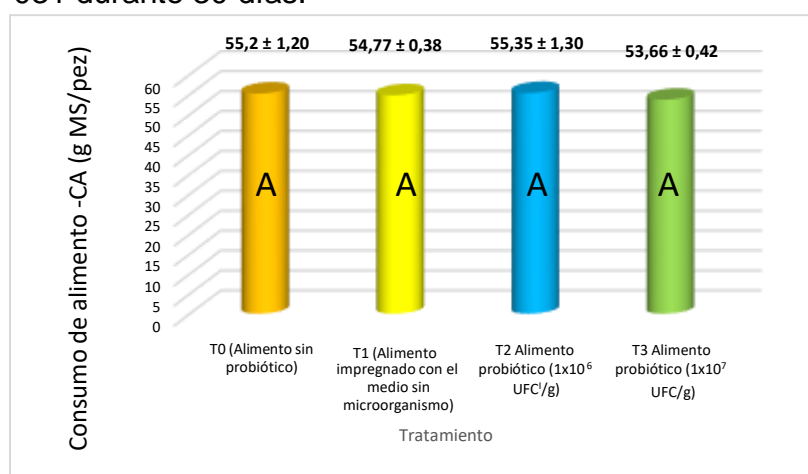
Letras diferentes en la misma fila, diferente estadísticamente (P<0,05)

Fuente: Este estudio, 2023

^IUFC (Unidades formadoras de colonia); ^{II}CA (Consumo de alimento); ^{III}ICA (Índice de conversión alimenticia); ^{IV}TAD (Tasa de alimentación diaria); ^VTEP (Tasa de eficiencia proteica); ^{VI}TEE (Tasa de eficiencia energética); ^{VII}ICE (Índice de conversión económica); ^{VIII}IRE (Índice de rentabilidad)

3.2.1 Consumo de alimento (CA). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó que no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados para el consumo de alimento. De acuerdo a la figura 14, se puede evidenciar que los peces alimentados sin probiótico T0, registraron mayor consumo de alimento, frente a T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo), y a los tratamientos con probiótico T2 (1×10^6 UFC/g) y T3 (1×10^7 UFC/g),

Figura 14. Valores medios obtenidos para consumo de alimento (CA) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

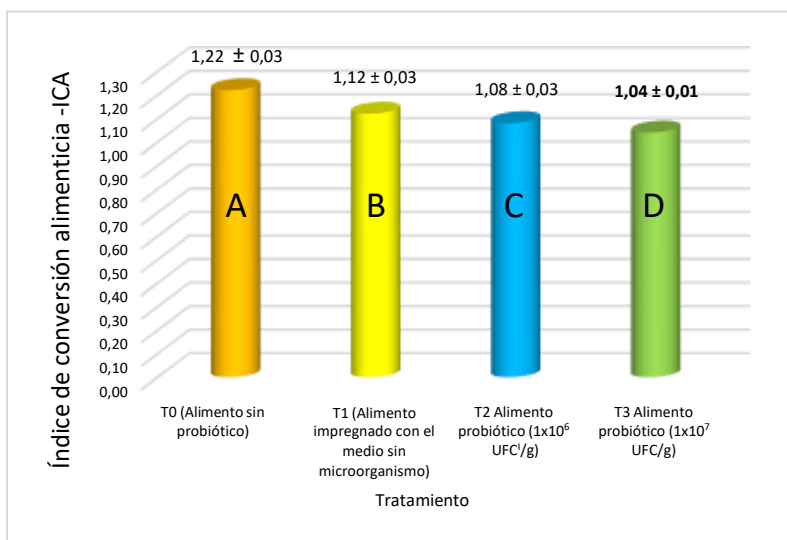
Conforme a lo anterior, se ha informado que los probióticos mejoran el consumo y uso del alimento, estimulan el apetito y la absorción de nutrientes. Esto se puede observar en la variable incremento de peso-IP (ver figura 10), donde los mejores valores los registraron los peces alimentados con probióticos, haciendo alusión a que estos microorganismos estimulan la actividad de las enzimas digestivas, mejorando el aprovechamiento de nutrientes, ya que consumen menos alimento, pero obtienen mejores ganancias en peso (Simón *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2017).

Los resultados de la presente investigación son inferiores a los citados por Li *et al.*, (2022) quienes evaluaron *Lactobacillus reuteri* como suplemento dietético en juveniles de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) obteniendo como resultado un consumo de alimento de 77,26 g; y a los presentados por El-Sayed *et al.*, (2016) al

evaluar la inclusión de *Lactobacillus plantarum* AH 78 a una concentración de $3,4 \times 10^8$ UFC/g en dietas para juveniles de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) obteniendo como resultado un consumo de alimento de 61,49 g; y superiores a los reportados en juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) por Mohammadian *et al.*, (2018) quienes obtuvieron un consumo de alimento de 31,94 g con *Lactobacillus bulgaricus* a una concentración de 5×10^7 UFC/g.

3.2.2 Índice de conversión del alimento (ICA). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados para el índice de conversión del alimento (ver figura 15). El mejor comportamiento lo presentaron los peces alimentados con probiótico T3 (1×10^7 UFC/g) seguido de T2 (1×10^6 UFC/g), frente a los que no consumieron alimento probiótico T1 (alimento impregnado con el medio, pero sin el microorganismo) y T0 (dieta sin probiótico).

Figura 15. Valores medios obtenidos para índice de conversión alimenticia (ICA) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

Teniendo en cuenta que valores más cercanos a uno en el ICA indican que los animales requieren consumir menos alimento para producir la misma cantidad de peso vivo, se puede deducir que el mejor desempeño en el índice de conversión alimenticia, en los grupos suplementados con probióticos se debe al aumento en las

actividades de las enzimas digestivas como amilasa, tripsina, y lipasa, inducidas por los probióticos, teniendo así mejor utilización del alimento y desempeño en el crecimiento del animal (Mohammadian *et al.*, 2018). El-Sayed *et al.*, (2016) reportaron que la morfología del tracto gastrointestinal de los peces se ve afectada por la microbiota endógena, estos microorganismos juegan un papel importante en la absorción y el metabolismo de nutrientes, el desarrollo y la maduración del sistema inmunitario de las mucosas y la diferenciación y maduración epitelial. El estudio realizado por estos autores mostró que la suplementación de *Lactobacillus plantarum* AH 78, reforzó la estructura intestinal a través del aumento de la altura de las vellosidades en las partes proximal y media de los intestinos. Posteriormente, esto puede haber mejorado la absorción del alimento y las funciones inmunitarias intestinales en la tilapia de Nilo. Apoyando a lo anterior, Dawood *et al.*, (2019) informaron que los probióticos median cambios en la morfología intestinal, incluidos aumentos en la longitud de las vellosidades y engrosamiento de la capa mucosa y aumento del área de superficie de absorción, mejorando la eficiencia de utilización de los nutrientes de la dieta. En este estudio los resultados sugieren que *Weissella cibaria* UC – 031 ayudó a los peces a utilizar las dietas de manera eficiente, lo que resultó en una tasa de conversión alimenticia mejorada.

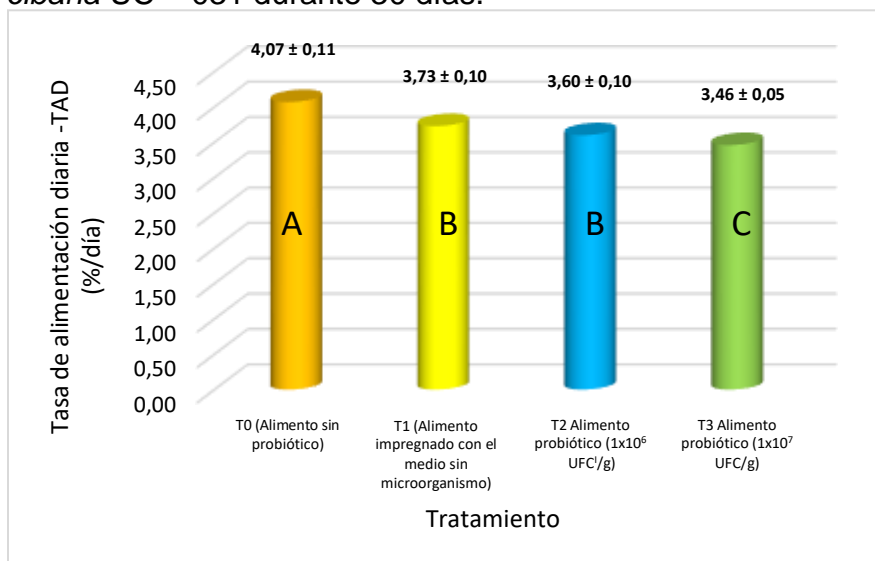
Los resultados obtenidos en este estudio con el uso de probióticos fueron similares a los presentados en juveniles de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) por Li *et al.*, (2022) al evaluar dietas con *Lactobacillus reuteri* a una concentración de 1×10^{11} UFC/g, registrando valores para índice de conversión alimenticia de 1,06; y a los reportados en juveniles de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) por Xia *et al.*, (2018) a partir de dietas suplementadas con *Lactococcus lactis* a una concentración de 1×10^8 UFC/g, citando valores de 1,04. Por otra parte los resultados de esta investigación fueron mejores a los citados por Van Doan *et al.*, (2020) quienes evaluaron dietas con *Lactobacillus plantarum* a 1×10^8 UFC/g en la alimentación de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) registrando valores de 1,56; y a los encontrados por Sewaka *et al.*, (2019) quienes evaluaron dietas para juveniles de tilapia roja suplementadas con alcachofa de Jerusalén simbiótica y *Lactobacillus rhamnosus* GG a una concentración de 1×10^8 UFC/g, obteniendo como resultado un valor de 1,52.

De acuerdo a lo encontrado en esta investigación se puede deducir que el índice de conversión alimenticia es más eficiente al usar *Weissella cibaria* UC – 031 que *Lactobacillus* en dietas para peces, destacando su potencial probiótico, ya que se

necesita menos concentración (UFC/g) de microorganismo impregnado en el alimento y se obtienen mejores conversiones alimenticias.

3.2.3 Tasa de alimentación diaria (TAD). Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó que se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. De acuerdo a la figura 16, se puede ilustrar que los peces alimentados con las dietas sin probiótico T0 (alimento sin probiótico) y T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo), obtuvieron mayor valor para esta variable, frente a los peces que fueron alimentados con probiótico T2 (1×10^6 UFC/g) y T3 (1×10^7 UFC/g).

Figura 16. Valores medios obtenidos para tasa de alimentación diaria (TAD) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

Simón *et al.*, 2021, mencionan que los probióticos mejoran el apetito y el aprovechamiento de nutrientes de la dieta. Por lo que se puede inferir que al incluir *Weissella cibaria* UC – 031 en la dieta, los peces obtienen mejor tasa de crecimiento y además el aprovechamiento de los nutrientes es mayor.

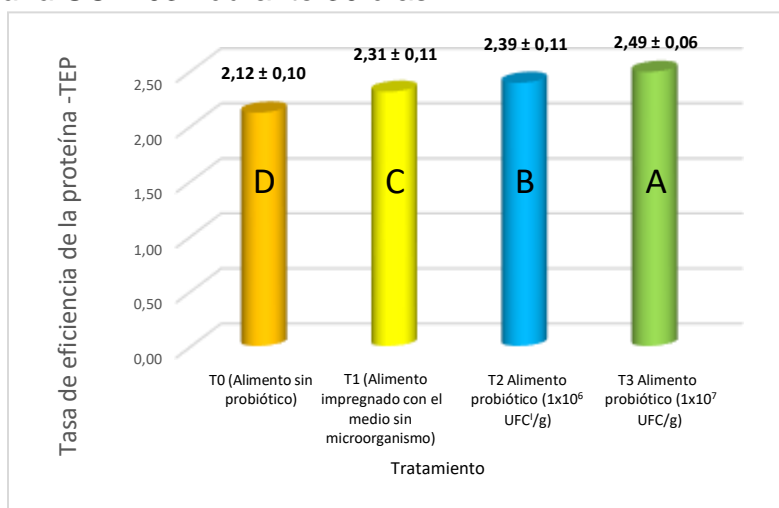
Los valores encontrados en el presente estudio para esta variable fueron superiores a los reportados por Adorian *et al.*, (2019) quienes evaluaron la administración

dietética de dos especies de *Bacillus* (*Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*) en la lubina asiática (*Lates calcarifer*), encontrando valores para tasa de alimentación diaria de 2,16 %/día a una concentración de 1×10^6 UFC/g; a los reportados por Li *et al.*, (2022) en Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) al evaluar una dieta suplementada con *Lactobacillus reuteri* a una concentración de 1×10^{11} UFC/g, citando valores de 1,89 %/día; y a los encontrados por Anacona (2021) en juveniles de Tilapia Roja (*Oreochromis* sp) con el probiótico comercial Biosa®, reportando valores de 1,65 %/día.

3.2.4 Tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia energética (TEE).

Mediante el análisis de varianza (ANOVA), se observó que se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados (ver figura 17 y 18) para la tasa de eficiencia proteica y tasa de eficiencia energética. Los resultados para la tasa de eficiencia proteica y tasa de eficiencia energética fueron superiores en los peces alimentados con concentrado impregnado con *Weissella cibaria* UC – 031 T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g), frente a los que no se alimentaron con probiótico T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo) y T0 (alimento sin probiótico).

Figura 17. Valores medios obtenidos para tasa de eficiencia proteica (TEP) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.

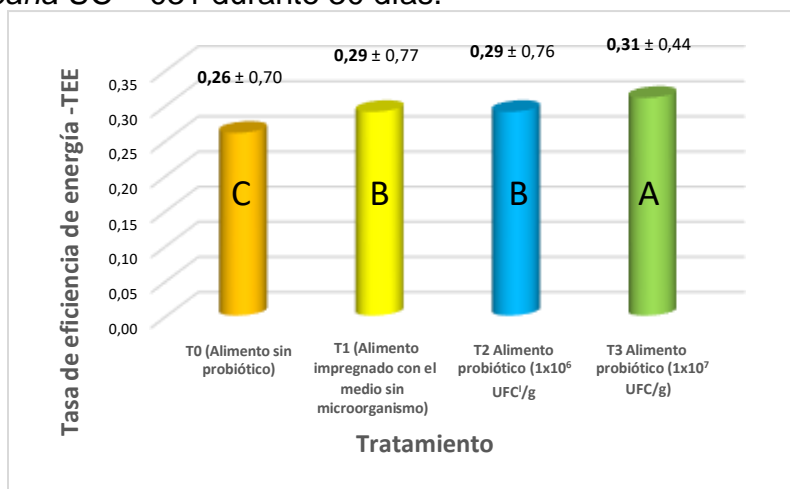


Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

Figura 18. Valores medios obtenidos para tasa de eficiencia energética (TEE) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

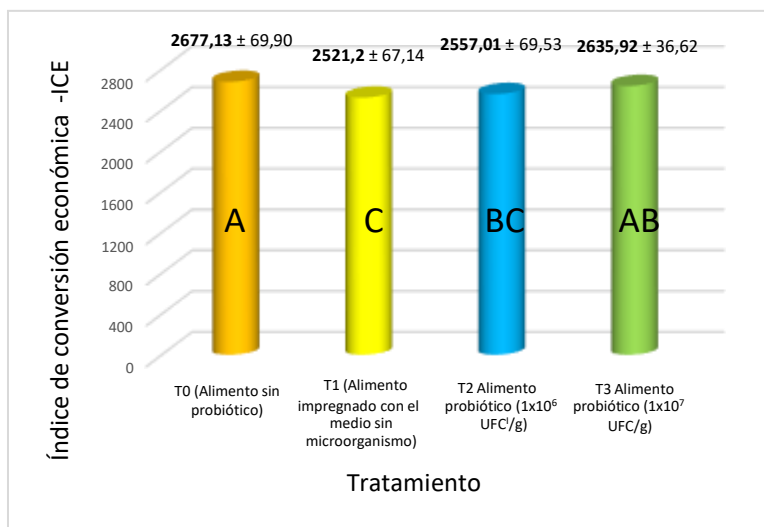
De acuerdo a la figura 17 y 18, se puede observar que a mayor concentración de la cepa probiótica *Weissella cibaria* UC – 031 en el alimento, se muestra un alto aprovechamiento de la proteína y la energía de la dieta. Respecto a lo anterior, Adorian *et al.*, (2019) evaluaron diferentes dosis de dos especies de *Bacillus* (*Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*) a tres concentraciones (1×10^3 , 1×10^6 y 1×10^9 UFC/g), los mejores resultados fueron con la concentración de 1×10^6 UFC/g indicando que esta cantidad de suplementación con probióticos optimizó el uso de los nutrientes disponibles en la dieta de la lubina asiática (*Lates calcarifer*), priorizando la deposición de proteínas en detrimento de la deposición de lípidos, evidenciada por el aumento de la actividad de las enzimas digestivas. Así, se puede afirmar que el efecto positivo del probiótico sobre el rendimiento y la composición química de la canal de los animales es un reflejo de su acción estimulante sobre la actividad de las enzimas proteasa, lipasa y amilasa. Estas enzimas son las responsables de la hidrólisis de los componentes mayoritarios de la dieta como proteínas, lípidos y carbohidratos, por lo que el uso de un aditivo que estimule la acción de los mismos, da como resultado un mejor desempeño en el animal.

Los resultados presentados en este estudio para la tasa de eficiencia de la proteína, fueron superiores a los reportados por El-Sayed *et al.*, (2016) al evaluar la inclusión de *Lactobacillus plantarum* AH 78 a una concentración de $3,4 \times 10^8$ UFC/g, en dietas

para juveniles de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*), obteniendo un valor para tasa de eficiencia proteica de 1,45; a los encontrados en juveniles de carpa común (*Cyprinus Carpio*) por Hoseinifar *et al.*, (2019) con la cepa *Pediococcus acidilactici* MA18/5M a una concentración de 6×10^8 UFC/g citando valores de 1,55; y los expuestos en juveniles de carpa común (*Cyprinus carpio*) por Krishnaveni *et al.*, (2020) con *Lactobacillus fermentum* URLP18 a una concentración de 1×10^6 UFC/g, obteniendo valores de 2,77. Con respecto a la tasa de eficiencia de la energía los resultados obtenidos en esta investigación fueron superiores a los citados por El-Sayed *et al.*, (2016) con *Lactobacillus plantarum* AH 78 a una concentración de $3,4 \times 10^8$ UFC/g reportando valores de 0,11.

3.2.5 Índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE). Mediante el análisis de varianza, se observó que se presentaron diferencias significativas para la variable ICE e IRE ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados. Los mejores resultados para estas dos variables fueron presentados por los tratamientos con probióticos T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g), frente al tratamiento T0 (alimento sin probiótico) (ver figura 19 y 20).

Figura 19. Valores medios obtenidos para índice de conversión económica (ICE) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.

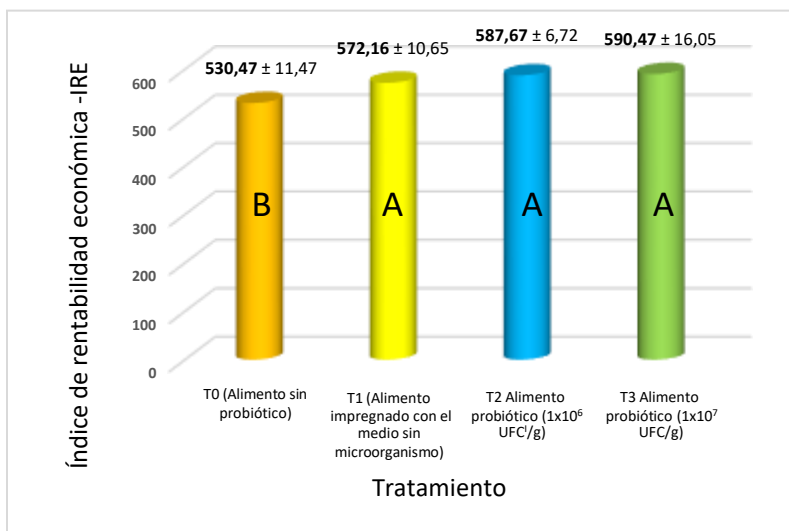


Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

Figura 20. Valores medios obtenidos para índice de rentabilidad económica (IRE) en juveniles de *Oreochromis* sp alimentados con concentrado impregnado con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 durante 30 días.



Letras diferentes en las barras representan diferencias significativas ($P < 0,05$)

Fuente: Este estudio, 2023

¹UFC (Unidades formadoras de colonia).

Mediante la prueba de promedios Duncan se pudo determinar que los resultados obtenidos de la presente investigación para índice de conversión económica (ICE) presentaron diferencias significativas entre tratamientos, se puede evidenciar que el mejor resultado lo obtuvo T1 (alimento impregnado con el medio sin el microorganismo) con un valor por Kg de \$ 2677,13, seguido de T2 (alimento probiótico con concentración de 1×10^6 UFC/g) con un precio por Kg de \$ 2557,01 y T3 (alimento probiótico con concentración de 1×10^7 UFC/g,13) con un precio por Kg de \$ 2635,36, frente al tratamiento T0 (alimento sin probiótico) con un valor por Kg de \$ 2677,13. Por lo encontrado en esta investigación se puede inferir que al alimentar con un concentrado probiótico se lograra producir un kg de carne más económico, ya que al alimentar con un alimento sin probiótico el índice de conversión económico tuvo un valor más alto comparado con los tratamientos con probióticos.

El índice de rentabilidad económica (IRE), indica cuanta rentabilidad monetaria se obtiene al producir un Kg de carne si se alimenta con probiótico, respecto a este índice el mejor resultado lo presentaron los tratamientos que fueron impregnados con probióticos T3 (1×10^7 UFC/g) y T2 (1×10^6 UFC/g) con un valor por Kg de \$

590,47 y de \$ 587,67 respectivamente, frente a T1 con un valor por Kg de \$ 572,16 y T0 con un valor por Kg de \$ 530,47 demostrando que a mayor concentración del probiótico en el alimento se genera más rentabilidad para producir un Kg de carne.

Los resultados del presente estudio presentan un comportamiento inferior a los que presentó por Perea *et al.*, (2018) quienes realizaron la valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis sp* teniendo como resultados costos por Kg desde \$ 2738,93 a \$ 4563,76 para ICE y de \$ 1501,04 a \$ 1814,86 para IRE, así mismo, a los reportados por Alban & Fuelantala (2021) en cachama blanca (*Piaractus brachyus pom* Cuvier 1818) donde se hizo la evaluación de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en dietas extruidas, obteniendo costos por Kg desde \$ 3349,18 a \$ 4535,6 para ICE y \$ 974,51 a \$ 1168,11 para IRE, de igual manera a los citados por Moutinho *et al.*, (2017) donde se evaluó la sustitución parcial de la harina de pescado por harina de carne y huesos en dietas para juveniles de dorada (*Sparus aurata*) obteniendo costos más bajos de alimentación a medida que se aumentó la inclusión de harina de carne y huesos, obteniendo precios por Kg desde € 1,14 hasta € 1,10 para ICE y de € 0,32 hasta € 0,36 para IRE.

De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que las dietas suplementadas con *Weissella cibaria* UC – 031 presentan un comportamiento más eficiente a nivel económico, dado que los peces alimentados con este probiótico consumen menos alimento (ver figura 14) y obtienen mayor índice de conversión alimenticia (ver figura 15). Por lo tanto, al alimentar Tilapia roja con concentrado impregnado con probióticos se obtiene mayor rentabilidad al producir un Kg de carne.

4. CONCLUSIONES

Al incluir probióticos en la alimentación de Tilapia roja, se obtiene un mejor aprovechamiento de los nutrientes presentes en la dieta, viéndose esto reflejado en los parámetros de crecimiento.

La suplementación de dietas impregnadas a una concentración de 1×10^7 UFC/g y 1×10^6 UFC/g con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031, tuvieron mejor efecto a comparación de las dietas sin probióticos, al evaluar parámetros de crecimiento en juveniles de Tilapia roja, por lo tanto, se pueden tener en cuenta para la administración dietética en peces.

La cepa nativa *Weissella cibaria* UC - 031 posee gran potencial probiótico, ya que las dietas suplementadas con esta cepa poseen un desempeño más eficiente, hay una relación positiva entre los parámetros de crecimiento y los parámetros económicos, dado que los peces alimentados con el probiótico consumen menos alimento, pero obtienen mayor índice de conversión. Por lo tanto, al alimentar Tilapia roja con concentrado impregnado con probióticos se obtiene mejores resultados económicamente.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios sobre el efecto de la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 en la actividad de las enzimas digestivas, la estructura y salud intestinal e inmunidad en especies piscícolas, ya que el género *Weissella* no ha sido muy bien explorado como potencial probiótico.

Se recomienda la utilización de *Weissella cibaria* UC – 031 en las dietas para Tilapia roja, ya que se obtuvo mejor desempeño en los parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia y económica, pues estos microorganismos probióticos promovieron la absorción y aprovechamiento de los nutrientes en la dieta.

Se recomienda la suplementación dietética con la cepa *Weissella cibaria* UC – 031 a 1×10^6 UFC/g, ya que las diferencias obtenidas entre los tratamientos con probióticos T3 (1×10^7 UFC/g) y T1 (1×10^6 UFC/g) no fueron significativas para los parámetros de crecimiento y eficiencia alimenticia y económica.

Se recomienda evaluar las dietas en campo, para medir el comportamiento del estudio en un ambiente no controlado y así determinar si influye de manera positiva o negativa y de esta manera recomendarlo en las unidades productivas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORIAN, T.J., JAMALI, H., FARSANI, H.G., DARVISHI, P., HASANPOUR, S., BAGHERI, T. & ROOZBEHFAR, R. Effects of Probiotic Bacteria *Bacillus* on Growth Performance, Digestive Enzyme Activity, and Hematological Parameters of Asian Sea Bass, *Lateolabrax niloticus* (Bloch). *Probiotics & Antimicro. Prot*, vol 11, pp 248–255. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9393-z>

ALBAN, D. & FUELANTALA, P. Evaluación de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en dietas extruidas para cachama blanca (*Piractus brachypomus* Cuvier 1818). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. 2021.

ANACONA, H. Efecto del alimento enriquecido con prebiótico y probióticos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de Tilapia roja *Oreochromis sp.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80030/10292458.2021.pdf.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

AOAC 950.43, 920.153, 981.10, 962.09, 991.36, 985.35 y 995.11. AOAC Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C., 15th, vol 1, p. 136-138. 1990-2006

ARDILA, M. Evaluación del carácter probiótico de *Bacillus sp* y Bacterias ácido lácticas aisladas de intestinos de tilapia (*Oreochromis*) en estado de preceba. Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias. 2017. [en línea]. Disponible en: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2268/1/Caracter_probiotico_Bacillus_sp_BacteriasAcidoLacticas.pdf

ASAE Standards. ASAE S269.4 DEC96. Cubes, pellets, y crumbels definitions and methods for determining density, durability, and moisture content, ASAE - the society for engineering in agricultural, food, and biological systems: St. Joseph, MI. 2000

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis amino acids in feeds, AOAC 994.12, Arlington, Virginia, USA, 2000.

BETANCUR, E. Evaluación de variables de calidad en Tilapias (*Oreochromis* sp) alimentadas con probióticos nativos microencapsulados. (Tesis de maestría). Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de ingeniería. 2018. [en línea]. Disponible en: <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2400>

BRITO, J., CARVALHO, A., SANTANA, H., ARAUJO, A., LIMA, C. SOUZA, L. Zootechnical performance of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile fed with probiotic cepas and submetids a health challenge. *Cienc. anim. bras., Goiânia*, vol 20, pp 1-9. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cab/a/PDTXWygYWYCvJC4PzkrzNxN/?lang=pt#>

BOUVET, Y. Recursos Alimentarios y Espacios Marítimos: una geografía de la pesca en el mundo. *Revista de Estudios Marítimos y Sociales*, vol. 1 N^o.12, p. 189-214. 2018

CASTREJÓN, J. Caracterización de *Weissella ceti* aislada en brotes septicemicos de granjas de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de Mexico. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma del Estado de México. 2017. [en línea]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/69916/Tesis%20Jesi-%20Weissella%20febrero-2018.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

CAVALCANTE, R., TELLI, G., TACHIBANA, L., DIAS, D., OSHIRO, E., NATORI, M., SILVA., W. & RANZANI, M. Probiotics, Prebiotics and Synbiotics for Nile tilapia: Growth performance and protection against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture Reports*, vol 17, p. 1-8. 2020. [en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341230849_Probiotics_Prebiotics_and_Synbiotics_for_Nile_tilapia_Growth_performance_and_protection_against_Aeromonas_hydrophila_infection

CORNEJO, G. Respuesta morfométrica intestinal en tilapia roja (*Oreochromis* spp.) alimentada con pellets enriquecidos con probióticos y prebióticos (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. 2017. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59664/2017_Gibson_Jonny_Cornejo_Due%3%b1as.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CRUZ, M. Parámetros económico-productivos del alimento extruído y reprocesado en sistema semicerrado y biofloc para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

(Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria la Molina. 2022. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5464>

CUATIN, M.F. Evaluación de la impregnación al vacío de una proteasa en un alimento extruido para tilapia roja (*Oreochromis* spp) en fase de alevinaje. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Administración. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80398/1061719053.2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

DAWOOD, M.A.O., MAGOUZ, F.I., SALEM, M.F.I. & ABDEL-DAIM, H.A. Modulation of digestive enzyme activity, blood health, oxidative responses and growth-related gene expression in GIFT by heat-killed *Lactobacillus plantarum* (L-137). *Aquaculture*, vol 505, pp 127-136. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.053>

DEL'DUCA, A., CESAR, D., DINIZ, C. & ABREU, P. Evaluation of the presence and efficiency of potential probiotic bacteria in the gut of tilapia (*Oreochromis niloticus*) using the fluorescent in situ hybridization technique. *Aquaculture*, vol 388–391 (1), pp. 115–121. 2013.

EL-SAADONY, M., ALAGAWANY, M., PATRA, A., KAR, I., TIWARI, R., DAWOOD, M., DHAMA, K. & ABDEL-LATIF, H. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. *Fish & Shellfish Immunology*, vol. 117, pp. 36-52. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464821001960>

EL-SAYED, A. *Tilapia Culture*. Elsevier. Segunda edición. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=yhy3DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=+tilapia&ots=OJEvsenLqe&sig=6wh8plezJlamWLnAccc5ucovMHQ#v=onepage&q=tilapia&f=false>

EL-SAYED, A. Effects of a novel marine probiotic, *Lactobacillus plantarum* AH 78, on growth performance and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Microbiology*, vol 120, pp 1061–1073. 2016.

GALDAMEZ, J. & SÁENZ, R. Evaluación de dos niveles de probiótico (*Bacillus subtilis*) en alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en fase juvenil. Trabajo

de grado para optar el título de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad del Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. 2017. [en línea]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14876/1/13101648.pdf>

GARCES, Y., PERES, C., VIVAS, N. & HOYOS, J. Obtaining and evaluating hydrolyzed protein concentrate from animal waste as a feeding alternative in *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, vol 68 N° 3, pp 223-235. 2021.

GARCÍA, J.M. Plantas aromáticas como aditivos de la dieta de peces de acuicultura: efectos sobre el sistema inmunitario, el estrés y el metabolismo. *AquaTIC*, vol 58, pp 10-14. 2020.

GOBI, N., VASEEHARAN, B., CHEN, J., REKHA, R., VIJAYAKUMAR, S., ANJUGAM, M. & ISWARYA, A. Dietary supplementation of probiotic *Bacillus licheniformis* Dab1 improves growth performance, mucus and serum immune parameters, antioxidant enzyme activity as well as resistance against *Aeromonas hydrophila* in tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Fish and Shellfish Immunology*, vol 74, p. 501-508.2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105046481730815X?via%3Dihub>

GUTIERREZ, A.I. Nuevas cepas probióticas para acuicultura. (Tesis doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/107929>

GUTIERREZ, L. Caracterización de cepas de *Bacillus* sp y Bacterias ácido lácticas con actividad probiótica en el tracto digestivo de Tilapia roja (*Oreochromis* sp) como potencial consorcio para procesos de microencapsulación (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 2016. [en línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56859/43607987.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HAITIANO, L., SHIFENG, W., CAI, Y., GUO, X., CAO, Z., ZHANG, Y., LIU, S., WEI, Y., ZHU, W., ZHENG, Y., XIE, Z., GUO, W. & ZHOU, Y. Dietary administration of *Bacillus subtilis* HAINUP40 enhances growth, digestive enzyme activities, innate immune responses and disease resistance of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, vol 60, pp 326-333. 2017.

HERRERA, E. Contaminación bacteriana en guantes quirúrgicos antes y después de una apertura cameral en la Clínica Estomatológica de la Universidad César Vallejo, Piura 2018. Trabajo de grado para obtener el título de Cirujano Dentista. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ciencias Médicas. 2018. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26358/Herrera_HEC.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HOSEINIFAR, S., HOSSEINI, M., PAKNEJAD, H., SAFARI, R., JAFAR, A., YOUSEFI, M., VAN DOAN, H., MOZANZADEH, M. Enhanced mucosal immune responses, immune related genes and growth performance in common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles fed dietary *Pediococcus acidilactici* MA18/5M and raffinose. *Developmental & Comparative Immunology*, vol 94, pp 59-65. 2019.

HOYOS, J.; VILLADA, H.; FERNANDEZ, A. & ORTEGA, R. Parámetros de Calidad y Metodologías para Determinar las Propiedades Físicas de Alimentos Extruidos para Peces. *Inf. tecnol. Información tecnológica*, vol.28 N°5. 2017.

JANG, W., LEE, J., HASAN, M., LEE, B., LIM, S. & KONG, I. Effects of probiotic supplementation of a plant-based protein diet on intestinal microbial diversity, digestive enzyme activity, intestinal structure, and immunity in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish & Shellfish Immunology*, vol 92, pp 719-727. 2019. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105046481930703X?via%3Dihub>

KRISHNAVENI, G., VIGNESH, S., VIDHYALAKSHMI, N., VIJAY, V. & RAMESH, U. Effects of dietary supplementation of *Lactobacillus fermentum* URLP18 on growth, innate immunity and survival against *Aeromonas hydrophila* ATCC 7966 challenge in freshwater fish *Cyprinus carpio* (common carp). *Aquaculture research*, vol 52, pp 1160-1176. 2021.

LAKRA, A., DOMDI, L., HANJON, G., TILWANI, Y. & ARUL, V. Some probiotic potential of *Weissella confusa* MD1 and *Weissella cibaria* MD2 isolated from fermented batter. *LWT*, vol 125, pp 109261. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820302498>

LEÓN DE LA O, D. I., CALDERÓN, B., MARTÍNEZ, A., SANCHEZ, E., & ZULATO, A. Formulación y optimización de un medio de cultivo económico. *Investigación Universitaria Multidisciplinaria*, Vol. 12, pp. 133–144. 2013.

LI, W., HUANG, X., LU, X., JIANG, B., LIU, C., HUANG, Y. & SU, Y. Effects of dietary *Lactobacillus reuteri* on growth performance, nutrient retention, gut health and microbiota of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, vol 26, pp 101275. 2022. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235251342200271X>

MENDEZ, Y., PEREZ, Y., TORRES, Y. & REYES, J. Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*, vol 20 N° 2, p. 15-24. 2018. [en línea]. Disponible en: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/593/251>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Cadena de la Acuicultura. Colombia. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MOHAMMADIAN, T., NASIRPOUR, M., TABANDEH, M., HEIDARY, A., GHANEI-MOTLAGH, R. & HOSSEINI, S. Administrations of autochthonous probiotics altered juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* health status, growth performance and resistance to *Lactococcus garvieae*, an experimental infection. *Fish & Shellfish Immunology*, vol 86, pp 269-279. 2019.

MOUTINHO, S., MARTINEZ, S., TOMAS, A., JOVER, M., OLIVA, A. & PERES, H. Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. *Aquaculture*, vol 468. 2016. [en línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309221203_Meat_and_bone_meal_as_partial_replacement_for_fish_meal_in_diets_for_gilthead_seabream_Sparus_aurata_juveniles_Growth_feed_efficiency_amino_acid_utilization_and_economic_efficiency

MUGWANYA, M., DAWOOD, M., KIMERA, F. & SEWILAM, H. Updating the role of probiotics, prebiotics, and synbiotics for tilapia aquaculture as leading candidates for food sustainability: a review. *Probióticos y Proteínas Antimicrobianas*, vol 14, pp

130-157. 2022. [en línea]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12602-021-09852-x>

NIMALAN N., SØRENSEN, S., FEČKANINOVÁ, A., KOŠČOVÁ, J., MUDROŇOVÁ, D., GANCARČÍKOVÁ, S., VATSOS, I., BISA, S., KIRON, V. & SØRNSSEN, M. Supplementation of lactic acid bacteria has positive effects on the mucosal health of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed soybean meal. *Aquaculture*, vol 28, pp 101461. 2023. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513422004574>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. 2022. [en línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Se espera que el sector de la tilapia reanude un rápido crecimiento después de una desaceleración temporal en 2020. 2023. [en línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/in-action/globefish/marketreports/resource-detail/es/c/1379264/>

OVALLES, J. Desarrollo del plan de revision en alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis* sp) y Tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en la estacion piscícola de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Trabajo de grado para optar el título de Zootecnista. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Facultad de ciencias agrarias y del ambiente. 2020. [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/2693>

PANTOJA, J., SÁNCHEZ, S. & HOYOS, J. Obtención de un alimento extruido para tilapia roja (*Oreochromis* spp) utilizando ensilaje biológico de pescado. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 9 N° 2, p. 178 – 187. 2011. [en línea]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n2/v9n2a20.pdf>

PARK, Y., MONIRUZZAMAN, M., LEE, S., HONG, J., WON, S., LEE, J., YUN, H., KIM, K., KO, D. & BAI, S. Comparison of the effects of dietary single and multi-probiotics on growth, non-specific immune responses and disease resistance in starry flounder, *Platichthys stellatus*. *Fish and Shellfish Immunology*, vol 59, p. 351 - 357. 2016. [En línea]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105046481630701X?via%3Dihub>

PEÑA, A. Evaluación de la impregnación de *Lactobacillus plantarum* B2A en un alimento concentrado durante el almacenamiento. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. 2018.

PEÑA, I. & VERDE, L. Determinación de la frecuencia optima de alimento para la reversión química del sexo en Tilapia roja (*Oreochromis* spp). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Facultad de Ingeniería Pesquera. 2017. [en línea]. Disponible en: http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3770/Tesis%20VERDE%20_%20PE%c3%91A%20%20Diciembre%20%202017%20corregido.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PEÑA, Y. & VILLAMARIN S. Obtención de un alimento concentrado probiótico mediante la tecnología de impregnación por aspersion. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. 2017.

PERDOMO, D., CORREDOR, Z. & RAMÍREZ, L. Características fisicoquímicas y morfométricas en la crianza en cautiverio de la Tilapia roja (*Oreochromis* spp) en una zona calidad tropical. *Mundo pecuario*, vol 8 N° 3, p. 166 – 171. 2012

PEREA, C. Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de Trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la alimentación de Tilapia roja *Oreochromis* spp. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Colombia. 2016

PEREA, C., GARCÉS, Y. J., & HOYOS, J. L. Evaluation of Fish Waste Biological Silage in Red Tilapia Feeding (*Oreochromis* spp). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol 9 N° 1, 60-68. 2011

PEREA, C., GARCÉS, Y., MUÑOZ, L., HOYOS, J. & GÓMEZ, J. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 16 N° 1, p. 43-51. 2018.

PEREA, C., HOYOS, J., GARCES, Y., MUÑOZ, L. & GÓMEZ, J. Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia en desarrollo*, vol. 8 N° 2, p. 39-50. 2017. [en línea]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_en_desarrollo/article/view/6174/pdf

PÉREZ, M., ÁLVAREZ, Y., SORIANO, J. & PÉREZ, M. The probiotics and their metabolites in aquaculture. A review. *Hidrobiológica*, vol 30 N° 1, p. 93-105. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/1394/1087>

PÉREZ, M. & SÁENZ, M. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Acuícola. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias y Tecnología. 2015. [en línea]. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3501/1/228251.pdf>

PINEDA, H., PALACIO, R. & LONDOÑO, L. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the digestive health of the post-larvae of red tilapia *Oreochromis* spp. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol 31 N° 2. 2020. [en línea]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000200016&script=sci_arttext

RAMESH, D., VINOTHKANNA, A., RAI, A. & VIGNESH, V. Isolation of potential probiotic *Bacillus* spp. and assessment of their subcellular components to induce immune responses in *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology*, vol 45 N° 2, p. 268-276. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105046481500176X?via%3Dihub>

RODRÍGUEZ, A. Probióticos en la Producción Piscícola. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Monografía para optar al título de Especialista en Biotecnología Agraria. Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Ambiente (ECAPMA). Neiva, Colombia. 2017. [en línea]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13466/1075539267.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ROLDAN, J. Evaluación histomorfométrica e histoquímica del intestino anterior de alevinos de *Tilapia nilótica* (*Oreochromis niloticus*) suplementadas con aceites esenciales en el alimento. Tesis para optar el título de Maestro en Sanidad Acuícola.

Universidad Peruana Cayetano Heredia. 2020. [en línea]. Disponible en: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/8139/Evaluacion_RoldanJuarez_Jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SAPUTRA, F., THAHIR, M., MAHENDRA, M., IBRAHIM, Y., NASUTION, M. & EFIANDA, T. Efektivitas komposisi probiotik yang berbeda pada teknologi akuaponik untuk mengoptimalkan laju pertumbuhan dan konversi pakan ikan gabus (*Channa sp*). *Jurnal Perikanan Tropis*, vol 7 N° 1, p. 85-97. 2020. [en línea]. Disponible en: <http://jurnal.utu.ac.id/jptropis/article/view/1952/1592>

SAYES, C., LEYTON, Y. & RIQUELME, C. Bacterium *Pseudoalteromonas sp.* potential probiotic for larval fish culture. *Latin american journal of aquatic research*, vol 44 N° 1, p. 76 – 84. 2016. [En línea]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718560X2016000100008&script=sci_arttext&tlng=n

SERVICIO ESTADÍSTICO PESQUERO COLOMBIANO (SEPEC). Caracterización de las unidades de producción de acuicultura inventariadas en el marco de la encuesta estructural desarrollada por el SEPEC durante el periodo enero - diciembre de 2021. 2021. [en línea]. Disponible en: <http://sepec.aunap.gov.co/Home/VerPdf/102>

SEWAKA, M., TRULLÁS, C., CHOTIKO, A., ROBKHUM, C., CHANSUÉ, N., BOONANUNTANASARN, S. & PIRARAT, N. Efficacy of synbiotic Jerusalem artichoke and *Lactobacillus rhamnosus* GG-supplemented diets on growth performance, serum biochemical parameters, intestinal morphology, immune parameters and protection against *Aeromonas veronii* in juvenile red tilapia (*Oreochromis spp.*). *Fish & Shellfish Immunology*, vol 86, pp 260-268. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464818307459?via%3Dihub>

SIMON, R., DOCANDO, F., NÚÑEZ, N., TAFALLAY, C. & DÍAZ, P. Mecanismos utilizados por los probióticos para conferir resistencia a patógenos en peces teleósteos. *Frontiers in Immunology*, vol 12. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2021.653025/full#B151>

SOLIMAN, T., ALY, W., FAHIM, R., BERUMEN, M., JENKE-KODAMA, H. & BERNARDI, G. Comparative population genetic structure of redbelly tilapia

(*Coptodon zillii* (Gervais, 1848)) from three different aquatic habitats in Egypt. *Ecology and Evolution*, vol 7 N° 24, p.11092-11099. 2017. [en línea]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.3586>

TACHIBANA, L., TELLI, G., DIAS, D., GONÇALVES, G., ISHIKAWA, C., CAVALCANTE, R., NATORI, M., HAMED, S. & RANZANI-PAIVA, M. Effect of feeding strategy of probiotic *Enterococcus faecium* on growth performance, hematologic, biochemical parameters and non-specific immune response of Nile tilapia. *Aquaculture Reports*, vol. 16. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513419301462#tbl0005>

TORRADO, A. Estudio de mercado desde la comunicación en el sector de alimentos saludables. Trabajo de grado para optar al título de Comunicador Social. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Comunicación y Lenguaje. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52751>

TORRES, D. & HURTADO, N. Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia*, vol 16 N° 1, 63. 2012

TRUNG, D., DIU, N., HAO, N. & GLENCROSS, B. Development of a nutritional model to define the energy and protein requirements of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, vol 320 N° 1 - 2, 69 – 75. 2011

TRUONG, H., TRI, NN., QUY, O., FOTEDAR, R., KANNIKA, K., UNAJAK, S. & AREECHON, N. Effects of the dietary supplementation of mixed probiotic spores of *Bacillus amyloliquefaciens* 54A, and *Bacillus pumilus* 47B on growth, innate immunity and stress responses of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Fish Shellfish Immunol*, vol 60, p. 391-399. 2017. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464816307112?via%3Dihub>

VAN DOAN, H., HOSEINIFAR, S.H., TAPINGKAE, W., SEEL-AUDOM, M., JATURASITHA, S., DAWOOD, M., WONGMANEERATEEP, S., THU, T. & ESTEBAN, M.A. Boosted Growth Performance, Mucosal and Serum Immunity, and Disease Resistance Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fingerlings Using Corn-cob-Derived Xylooligosaccharide and *Lactobacillus plantarum* CR1T5. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, vol 12, pp 400–411. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09554-5>

VÁSQUEZ, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces, p.66. 2004. [en línea]. Disponible en: <http://www.iallunillanos.com/wp-content/uploads/2014/03/Libro-nutric-WVT1.pdf> 02-08-2019

VARGAS, E. M. *et al.* Producción de microorganismos probióticos como aditivo para alimentos concentrados para ganado vacuno. *Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes - Colombia*, vol.20, pp. 23-33. 2004.

VELA, Y., CONTRERAS, M. & SUAREZ, L. Effect of probiotic microorganisms isolated from *Hypostomus plecostomus* in *Oreochromis* spp juveniles. *Revista MVZ Córdoba*, vol 22 N° 1, p. 5694-5705. 2017. [en línea]. Disponible en: <https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/929/pdf>

VILLAMIL, L. & ESGUERRA, D. Enterococcus, Myroides and Exiguobacterium: Bacterial Genus with Probiotic Potential for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Culture. *Acta biológica colombiana*, vol 22 N° 3, p. 331-339. 2017. [en línea]. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/59974/pdf_5_22%283%29

WANG, J., ZHANG, D., WANG, Y., LIU, Z., LIU, L. & SHI, C. Probiotic effects of the *Bacillus velezensis* GY65 strain in the mandarin fish, *Siniperca chuatsi*. *Aquaculture Reports*, vol. 21, pp. 1-12. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513421003185>

WANKA, K., DAMERAU, T., COSTAS, B., KRUEGER, A., SCHULZ, C. & WUERTZ, S. Isolation and characterization of native probiotics for fish farming. *BMC Microbiology*, vol 18 N° 119, p. 1-13. 2018.

XIA, Y., LU, M., CHEN, P., CAO, J., GAO, F., WANG, M., LIU, Z., ZHANG, D., ZHUB, H. & YI, M. Effects of dietary *Lactobacillus rhamnosus* JCM1136 and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* JCM5805 on the growth, intestinal microbiota, morphology, immune response and disease resistance of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish & Shellfish Immunology*, vol 76, pp 368-379. 2018. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1050464818301372?via%3Dihub>

XIA, Y., YU, E., LU, M. & XIE, J. Effects of probiotic supplementation on gut microbiota as well as metabolite profiles within Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, vol 527. 2020. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484862030524X?via%3Dihub>

YEO, S., SHIN, H. S., LEE, H. W., HONG, D., PARK, H., HOLZAPFEL, W., KIM, E. B., & HUH, C. S. Determination of optimized growth medium and cryoprotective additives to enhance the growth and survival of *Lactobacillus salivarius*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 28 N°5, pp. 718-731. 2018.

YUN, W., LEE, D., CHOI, Y., KIM, I. & CHO, J. Effects of supplementation of probiotics and prebiotics on growth performance, nutrient digestibility, organ weight, fecal microbiota, blood profile, and excreta noxious gas emissions in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, vol 26 N° 4, p. 584-592. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1056617119301400>

ZATÁN, A.E., CASTILLO, D., CASTAÑEDA, A.E., FERIA, M.A., TOLEDO, O.E., AGUILAR, J.L., CUEVA, M.D. & MOTTE, E. Characterization of the intestinal microbiota in snook (*Centropomus* sp) and isolation of potential probiotic bacteria. *Rev Inv Vet Perú*, vol 31 N° 3. 2020. [en línea]. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_tVd2ecq3vQJ:www.scie lo.org.pe/pdf/rivep/v31n3/1609-9117-rivep-31-03-e16036.pdf&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=co

ZHANG, Y., LIANG, X., HE, S., FENG, H. & LI, L. Dietary supplementation of exogenous probiotics affects growth performance and gut health by regulating gut microbiota in Chinese Perch (*Siniperca chuatsi*). *Aquaculture*, vol. 547. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848621010681>

ZHOU, M., YU, S., HONG, B., LI, J., HAN, H. & QIE, G. Antibiotics control in aquaculture requires more than antibiotic-free feeds: A tilapia farming case. *Environmental Pollution*, vol 268. 2021. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026974912036543X?via%3Dihub>

ZHU, X., YANG, B., HAO, Z., LI, H., CONG, W. & KANG, Y. Dietary supplementation with *Weissella cibaria* C-10 and *Bacillus amyloliquefaciens* T-5 enhance immunity

against Aeromonas veronii infection in crucian carp (*Carassiu auratus*). *Microbial Pathogenesis*, vol 167, pp 105559. 2022. [en línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401022001723>

Anexo B. Registro de biometría.

TESIS: EFECTO DEL USO DE LA CÉPULA <i>Wetzelia ciliaris</i> EN LA ALIMENTACIÓN DE <i>Oreochromis</i> sp FASE DE LEVANTE.																									
REGISTRO DE BIOMETRÍA DE PECES PARÁMETROS PRODUCTIVOS																									
ESPECIE: TILAPIA (<i>Oreochromis</i> sp)																									
# PECES INICIAL: 360		PESO PROMEDIO INICIAL: 74.061												EDAD PECES: 30/07/2011											
FECHA DE BIOMETRÍA: 02-09-2010		T1R1				T1R2				T2R1				T2R2				T3R1				T3R2			
#	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm	g	cm			
1	135	9.8	135	8.4	14	9.1	19	10	11	8.8	11	8.2	8.5	8.1	18	10.3	21	10.4	26	11.1	11.5	8.2	21	10.5	
2	15	9.4	16.5	9.2	12.5	9.4	26	16.2	13.5	9.4	17	9.5	17	9.9	16.5	9.7	13.5	9.7	26.5	10.6	13.5	9.3	11.5	8.6	
3	18	10	14	9.3	12	8.5	17	9.8	13	8.4	10.5	8.5	19	10.8	14.5	9	12	9.6	19	9.5	11.5	9.5	12	8.5	
4	64.5	10.3	78.5	9.9	14	9	14.5	9.1	13	9.3	12	8.9	10.5	9.5	11.5	8.6	11	8.3	15	9.3	25.5	11.6	13	9.2	
5	18	10.2	12.5	9.1	11.5	8.5	17	9.9	17.5	9.7	15	9.3	16	9.5	12.5	9	12	8.6	14	9.1	14.5	9.7	13	9.9	
6	16	9.5	11	8.7	11	8.5	18.5	10.3	14.5	9.3	11	8.7	15.5	9.3	17	9.9	15.5	9.4	17	9.3	14.5	9.4	10.5	8.5	
7	27	11.3	14	10.4	12	8.7	11.5	8.7	14.5	9.4	8	8	25	11.3	15.5	9.5	12	8.8	14	9.1	16.5	10.2	18	10	
8	12	8.4	13	9.3	18.5	10.4	8.5	9.4	13.5	9.5	8.5	8.7	21	10.5	14.5	9.5	14.5	9.1	11.5	9.3	15.5	9.4	21	10.7	
9	10.5	8.3	15.5	9.4	13.5	9	17.5	9.1	17	9.7	9	18	13	9.1	12	9.1	9	8.2	16.5	10.3	11	8.7	27	11.3	
10	12.5	9.3	12.5	9	12.5	8.9	16.5	9.4	16	9.6	22.5	10.9	23.5	10.9	12	8.9	24	10.7	12	9.1	13.5	9.3	12.5	9.4	
11	14	8.8	13	9.2	15.5	9.7	14.5	9.4	17	9.9	12	8.9	11.5	8.9	11	8.7	24.5	10.5	14	9.3	13.5	9.3	16.5	10	
12	6	9.6	10.5	8.6	15	9.8	19	9.6	11.5	9.4	13.5	9.7	9.5	8.7	12.5	8.7	15	9.5	19.5	9.8	12.5	9.1	9	8.1	
13	16.5	9.6	9	8.9	12.5	10.3	13.5	9.3	13	8.8	14	8.9	23.5	10.9	15.5	9.5	15	9.9	20	10.4	12.5	9.1	16.5	9.6	
14	11.5	8.3	15.5	9.4	13.5	12	12.5	9.1	17	9.7	11	7.9	13	9.1	12	9.1	9	8.2	16.5	10.1	11	8.7	27	11.3	
15	12.5	9.3	12.5	9	12.5	13.9	18.5	10.9	16	11	27.5	10.4	23.5	10.9	13	8.4	24	10.7	13	9.1	13.5	9.3	12.5	9.4	
16	16.4	9.6	12.5	9.6	16	10.8	19	9.6	14.5	9.4	13.5	9.7	12.5	8.7	12.5	8.2	15	9.5	19.5	10.8	12.5	9.1	11	8.1	
17	16.5	9.9	14	8.8	18	10	18	10.6	15	9.3	12	8.5	10.5	8.4	9.5	8.2	13	9.1	13	8.8	11.5	8.6	15.5	9.8	

Anexo C. Registro de temperatura.

TESIS: EFECTO DEL USO DE LA CEPA <i>Weissella cibaria</i> EN LA ALIMENTACIÓN DE <i>Oreochromis</i> sp FASE DE LEVANTE.														
REGISTRO DE TEMPERATURA DE PECES														
# PECES INICIAL:		EDAD: Juveniles						ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis</i> sp)						
FECHA DE INICIO:		11-Julio												
FECHA		JORNADA	TOR1	TOR2	TOR3	TIR1	TIR2	TIR3	TZR1	TZR2	TZR3	T3R1	T3R2	T3R3
10 de Agosto	8:30 a.m.	26.3	27.2	27.4	26.9	26.3	26.9	26.5	27.2	26.9	26.1	26.7	27.2	
	12:00 M	28.4	28.8	26.5	27.8	29.5	28.5	26.9	28.1	27.3	28	27.8	27.5	
	3:30 p.m.	29	29.2	27.2	27.6	28.6	27.6	28.3	28.6	27.4	28.7	27.4	27.5	
11 de Agosto	8:30 a.m.	26.3	26.9	27	27.3	27	27.3	27.5	28	28	27.4	28.3	28.3	
	12:00 M	26.4	28.8	27.4	27.4	28.4	27	28.5	28.4	27.4	28.3	28.3	28.9	
	3:30 p.m.	24.4	27.2	27.2	29.1	28.6	27	28.5	28.9	28.5	26	26.6	26.6	
12 de Agosto	8:30 a.m.	26.1	26.6	27.1	26.9	26.7	27.2	26.6	27.7	26.9	27.4	27.6	27.9	
	12:00 M	28.7	28.5	24.9	27.1	28.7	27.2	26.6	27.7	28.4	27.3	28	28.9	
	3:30 p.m.	26.6	28.8	27.4	26.4	27.5	27.7	26.4	27.4	28.5	26.5	26	26.6	
13 de Agosto	8:30 a.m.	26.3	27.3	26.9	27	27.4	27.1	26.7	27.3	25.3	25.7	27.8	27.1	
	12:00 M	27.6	28.1	27.5	26.8	27.8	27.2	26.5	28.1	26.8	27.4	27.4	27.1	
	3:30 p.m.	28.5	28.9	27	26.9	28.3	27	26.5	28.1	25.6	25.4	27.4	27.4	
14 de Agosto	8:30 a.m.	25.8	27.5	27.2	27	26.5	27.4	27.5	27.7	25.8	25.9	25.7	27.1	
	12:00 M	26.8	25.7	27.3	26.8	27.4	27.1	26.2	27	27.2	27.4	26.7	27.1	
	3:30 p.m.	27.2	27	27.3	26.8	27.3	26.3	27	25.8	26.3	26	27.6	26.3	
15 de Agosto	8:30 a.m.	26.3	25.8	27.1	27	28.1	27.5	26.7	28.1	25.9	28.1	28	27.9	
	12:00 M	28.3	28.3	27.1	27	28.1	27.5	26.7	28.1	25.9	28.1	28	27.9	
	3:30 p.m.	29.7	29.4	28.6	27.4	27.6	26.5	27.5	25.7	26.4	26.1	27.5	27.2	
16 de Agosto	8:30 a.m.	26	26.5	26.1	26.9	27.6	26.5	27.5	27.2	27.3	27.2	26.4	27.1	
	12:00 M	27.5	26.5	27.4	26.5	27.2	27.3	25.3	27.2	27.3	27.2	27.1	27.2	
	3:30 p.m.	27	27.9	27.6	26.7	28.1	27.9	25.2	27.3	27.3	27.2	27.1	27.1	
17 de Agosto	8:30 a.m.	25.9	27.1	26.9	26.9	27.4	27.5	27.3	27.2	25.8	27.1	27.3	27.1	
	12:00 M	27	26.5	27.5	27.1	26.3	27.1	27.2	27	25	25.6	25.8	27.3	
	3:30 p.m.	27.2	27.5	27.4	27.1	25.5	26.4	25.3	26	25.6	25.8	27.3	26	
18 de Agosto	8:30 a.m.	25.2	26	26.7	26.9	26.3	27.4	26.6	26.4	26.4	25.9	26.2	27.2	
	12:00 M	26.1	24.5	26.7	26.9	26.3	27.4	26.6	26.4	26.4	25.9	26.2	27.2	
	3:30 p.m.	27.2	25.9	27	27.6	27.9	27.3	27.4	27.1	27.2	27.4	27	26.5	

Anexo D. Registro de alimentación.

TESIS: EFECTO DEL USO DE LA CEP4 Weissella cibaria EN LA ALIMENTACIÓN DE <i>Oreochromis sp</i> FASE DE LEVANTE													
REGISTRO DE ALIMENTACIÓN													
# PECES INICIAL: 360		EDAD: (Júpiter)							ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)				
FECHA DE INICIO: 22 - JULIO		PESO PROMEDIO INICIAL: 94.99											
FECHA	JORNADA	TOR1	TOR2	TOR3	TIR1	TIR2	TIR3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3
28 de Agosto	8:30 a.m.	6.03	6.79	6.80	7.93	8.93	7.50	7.11	7.54	7.03	6.93	7.1	7.07
	12:00 M	8.57	9.36	9.20	10.93	7.94	9.4	10	9.77	8.80	10.8	10.56	11.64
	3:30 p.m.	13.43	13.81	12.50	14.76	12.67	13.60	13.86	12.35	13.7	11.3	14.46	13.74
29 de Agosto	8:30 a.m.	12.46	12.84	11.03	12.76	12.04	14.5	13.74	12.66	11.01	12.56	13.04	12.80
	12:00 M	8.54	10.7	9.06	9.84	7.45	8.44	10.44	9.33	10.3	9.93	10.44	9.53
	3:30 p.m.	16.2	16.76	15	15.6	10.89	11.04	14.61	13.6	16.16	14.16	17.87	16.30
30 de Agosto	8:30 a.m.	9.07	10.1	10.15	10.74	10.78	10.11	10.69	9.86	8.02	9.02	10.73	9.57
	12:00 M	10.84	10.85	9.08	10.93	9.37	9.4	11.42	10.81	11.23	10.65	11.5	11.78
	3:30 p.m.	12.78	12.65	12.30	12.78	10.78	12.9	12.31	11.37	13.14	12.92	13.23	13.60
31 de Agosto	8:30 a.m.	9.55	10.78	9.10	9.77	9.31	10.21	11.21	9.65	8.5	10.56	11.1	11.32
	12:00 M	9.14	9.32	8.40	10.6	10.2	10.30	9.23	11.5	12	10.17	11.5	9.55
	3:30 p.m.	11.73	11.73	12.50	12.19	12.0	11.04	11.54	11.63	13.67	12.21	11.04	12.42
01 de Septiembre	8:30 a.m.	7.92	9.44	9.50	10	9.01	8.5	9.39	9.67	8.48	8.75	9.34	9.74
	12:00 M	10.62	11.2	11.2	11.87	10.31	11.60	11.67	10.81	10.04	11.37	11.56	11.76
	3:30 p.m.	13.82	13.84	12.14	14.08	12.38	13.39	14.72	13.77	12.74	14.22	14.36	14.23
02 de Septiembre	8:30 a.m.	8.57	9.13	9.15	9.77	9.42	10.33	11.57	9.59	9.28	9.86	8.59	9.47
	12:00 M	11.01	11.45	10.84	11.65	9.99	12.14	11.6	11.77	11.38	11.13	11.77	11.56
	3:30 p.m.	14.06	14.44	9.99	14.57	13.35	13.56	14.53	14.42	14.50	14.71	14.54	15.03
03 de Septiembre	8:30 a.m.	9.39	9.4	14.06	9.81	9.17	9.40	9.6	9.62	9.60	9.44	9.59	10.11
	12:00 M	9.73	8.45	10.82	8.75	11.62	9.4	10.94	11.6	11.9	10.95	11.2	10.04
	3:30 p.m.	13.96	14.08	10.50	14.14	12.01	12.50	14.44	14.12	14.6	14.35	14.8	12.80
04 de Septiembre	8:30 a.m.	11.4	11.55	11.06	11.92	11.27	11.60	11.77	11.2	11.31	11.35	11.44	12.00
	12:00 M	9.93	10.45	9.15	13.72	12.55	13.84	13.54	12.87	11.47	13.75	13.75	13.56
	3:30 p.m.	13.34	14.47	14.06	14.63	14.04	14.68	14.54	14.42	17.03	13.48	14.15	14.67

Anexo E. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD); (Test: 0 – 82).

1. Abrir un tubo de ensayo y lavarlo con el agua que se va a analizar (purgarlo)
2. Llenarlo suavemente sin que se produzca burbujas (inclinándolo), llenando hasta el borde del mismo.
3. Adicionar 2 gotas de R1 seguido de 2 gotas de R2
4. Luego se tapa y se agita
5. Después de agitar se espera 2 minutos para que se fije la muestra.
6. Adicionar 5 gotas de R3 (se observa un color naranja y se forma unos flóculos que se precipitan).
7. Se agita hasta que se desaparezca el precipitado.
8. El tubo de ensayo se seca por fuera con una toalla.
9. Por último, se mide y anota el resultado.

Anexo F. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO), Met: 26 (Test:0-26).

1. Abrir el tubo
2. de ensayo.
3. Medir en una pipeta 2 ml de muestra y verterlos suavemente en el tubo de ensayo.
4. Se tapa, se marca y se guarda hasta llegar al laboratorio.
5. Una vez en el laboratorio se incuba por 2 horas a una temperatura de 148°C.
6. Se retira el tubo y se deja reposar por 10 minutos.
7. Luego se agita y se deja enfriar a temperatura ambiente para realizar la medición.
8. Se realiza la medición y se toma el dato.

Anexo G. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO_3), Met: 151 (Test: 0-15).

1. Abrir el tubo de ensayo.
2. Medir en una pipeta 4 ml de muestra y verterlos suavemente en el tubo de ensayo.
3. Cerrar el tubo de ensayo y agitar.
4. Posteriormente se adiciona una pastilla de R2.
5. Agitar hasta diluir, secar y limpiar el tubo de ensayo.
6. Dejar fijar durante 2 minutos la muestra.
7. Realizar la medición y tomar el resultado.

Anexo H. Protocolo para la medición de pH, Met: 72 (Test: 72).

1. Se llenan 2 tubos de ensayo con 10 ml de agua, se toma uno como blanco y el otro como muestra.
2. Agregar una pastilla de R1 a la muestra.
3. Agitar hasta que se disuelva.
4. Se seca y se espera 3 minutos.
5. Se realiza la medición y se toman los datos.

Anexo I. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO5), Met: 822.

1. Se toman 500ml de muestra de la represa procurando que no se generen burbujas.
2. Se verifica que el pH este entre 6 - 8.
3. Refrigerar la muestra entre 0 - 4 °C.
4. Dejar la muestra hasta que se coloque a temperatura ambiente.
5. Llenar el tubo de ensayo sin que se formen burbujas y se llena un blanco.
6. Se incuba la muestra a 20 °C más o menos 1°C por 5 días.
7. Después de 5 días se añaden 2 gotas de R1 y 2 gotas de R2.
8. Tapar el tubo sin que se generen burbujas de aire y se mezcla el contenido.
9. Dejar reposar por 2 minutos la muestra y se le adicionan 5 gotas de R3.
10. Luego se limpia, se seca, se realiza la medición y se toma el dato.