

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MANEJO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*) EN EL CENTRO
DE INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA Y BIOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, RISARALDA, COLOMBIA**

POR:

MARIO DANIEL ZAMBRANO MONCADA

INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C. A

NOVIEMBRE 2025

MANEJO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*) EN EL CENTRO
DE INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA Y BIOTECNOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, RISARALDA, COLOMBIA

POR:

MARIO DANIEL ZAMBRANO MONCADA

MARIO ROBERTO HERNANDEZ CUBAS
M.SC ASESOR PRINCIPAL

**INFORME DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA
PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN
ZOOTECNIA**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C. A

NOVIEMBRE 2025

DEDICATORIA

A **Dios**, por ser la fuente inagotable de mi fortaleza, por darme salud, vida y el don de la perseverancia. A Él agradezco por guiarme en cada paso de este largo y desafiante camino, por iluminar mi mente en los momentos de duda y sostenerme en los momentos de debilidad. Sin Su mano protectora, este logro no habría sido posible. Gracias, Dios, por permitirme culminar esta etapa universitaria con éxito y por abrirme las puertas hacia un futuro lleno de posibilidades.

A mis padres, **Claudia Albertina Moncada Mendoza** y **Mario Daniel Zambrano Murillo**, con el corazón lleno de gratitud, les dedico este logro. Gracias por ser mi roca, por su amor incondicional y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su apoyo, sacrificio y entrega fueron el motor que me impulsó a no rendirme y seguir adelante. Este sueño es tan suyo como mío, porque sin su guía y amor, nunca habría sido realidad.

A mi familia, con todo mi amor y agradecimiento eterno, por ser el pilar que me ha sostenido en cada etapa de la vida. Su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su presencia constante han sido la luz que iluminó mi camino, recordándome que no estoy solo en esta travesía. Gracias por creer en mis sueños y por celebrar cada pequeño avance como si fuera el mayor triunfo. Este logro es un tributo a su unión y fortaleza.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por ser el guía supremo de mi vida, por bendecirme con salud, sabiduría y la fuerza necesaria para superar cada obstáculo en esta etapa universitaria. Sin Su infinita misericordia y protección, nada de esto habría sido posible. Gracias por abrirme puertas y por permitirme llegar hasta aquí con fe y esperanza.

A mis padres, **Claudia Albertina Moncada Mendoza** y **Mario Daniel Zambrano Murillo**, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante que me han impulsado a perseverar en mis metas. Su guía y ejemplo han sido fundamentales para mi formación personal y profesional, y les estaré eternamente agradecido por creer en mí y por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y difíciles.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por ser el refugio de amor y motivación que me ha sostenido durante toda esta carrera. Gracias por sus palabras de aliento, por sus oraciones y por celebrar cada logro conmigo, recordándome que el éxito se construye con el respaldo de quienes nos aman.

A la Universidad Nacional De Agricultura (UNAG), por brindarme la oportunidad de adquirir conocimientos valiosos y por abrirme las puertas a una educación de calidad que ha enriquecido mi vida profesional. Gracias por su compromiso con la formación integral y por proporcionarme las herramientas necesarias para enfrentar los retos del mundo laboral.

A mis amigos, Ihan Sánchez, Cristian Rubí, Israel Requeno, Brayan Pineda, Ángel Villela y Keny Flores y Denis Rodríguez por convertirse en un apoyo inquebrantable para llegar hasta el final. Gracias por todos los momentos compartidos, las risas, las noches de estudio y las motivaciones mutuas que nos ayudaron a superar los desafíos juntos. Su amistad ha sido un pilar fundamental

en esta travesía, y atesoro cada recuerdo que hemos creado.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y todas las personas que me brindaron apoyo durante mi Práctica Profesional Supervisada (PPS) en Colombia, por haberme acogido con calidez y por contribuir a mi crecimiento profesional. Su orientación y confianza en mí fueron clave para culminar esta etapa con éxito.

A mis asesores, M.Sc. Mario Hernández Cubas, M.Sc. Jeancarlos Santos Paz y M.Sc. Ventura Obdulio Zelaya, por brindarme su invaluable apoyo en la realización de mi PPS y por su paciencia para poder culminar este informe. Como excelentes profesionales de la institución, su guía experta, dedicación y consejos han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo, y les agradezco de corazón por su compromiso y generosidad.

Zambrano M, M.Z. 2025. Manejo productivo de la tilapia gris (*Oreochromis Niloticus*) en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia. Práctica Profesional Supervisada. Ingeniería en Zootecnia. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho

RESUMEN

El presente informe describe el desarrollo del proyecto “Manejo productivo de la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)” ejecutado en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Dos Quebradas, Risaralda, Colombia. El objetivo fue optimizar la producción mediante tecnología simbiótica y monitoreo continuo de parámetros fisicoquímicos del agua (pH, amonio, nitritos y nitratos), relacionándolos con el crecimiento, la conversión alimenticia y la biomasa de los peces. Se empleó un estanque de geomembrana de 4 m de diámetro, 1 m de altura y 12,56 m³ de volumen, en el que se sembraron 270 alevines de tilapia gris con peso inicial promedio de 4 g. Los peces fueron alimentados con concentrado comercial marca Solla al 32 % de proteína. La tecnología simbiótica consistió en la aplicación periódica de tres enmiendas distintas formuladas con melaza, levadura, salvado de maíz y bacterias probióticas Ecopro, favoreciendo el equilibrio microbiano del sistema. Durante los 45 días de cultivo se emplearon medidores digitales de pH y kits colorimétricos para un control preciso. Los resultados evidenciaron parámetros estables (pH 7,0–7,8 y amonio reducido progresivamente a niveles no tóxicos), crecimiento de 4 g a 34 g de peso promedio, biomasa final superior a 8.800 g, índice de conversión alimenticia de 1,4 y mortalidad acumulada inferior al 4,1 %. El proyecto demostró la alta eficiencia del sistema simbiótico implementado, mejorando la calidad del agua, la productividad y el bienestar de los peces, al tiempo que fortaleció capacidades técnicas en instituciones académicas y asociaciones acuícolas locales mediante procesos de transferencia tecnológica.

Palabras clave: tecnología simbiótica, parámetros fisicoquímicos, tilapia gris, indicadores productivos, manejo

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Manejo Productivo de la tilapia.....	4
3.2. Biología De Tilapia	5
3.3. Hábitat de la Tilapia	6
3.4. Mejoramiento Genético	6
3.5. Fisiología Reproductiva	7
3.6. Tecnología Simbiótica	7
3.7. Crecimiento y Nutrición.....	7
3.8. Estimulación del Sistema Inmune Y Resistencia a Enfermedades	8
3.9. Sostenibilidad y calidad del agua.....	8
3.10. Parámetros Fisicoquímicos y Productivos	8
3.10.1. Oxígeno Disuelto	8
3.10.2. Temperatura del Agua	9
3.10.3. Amonio.....	10

3.10.4. pH del agua.....	11
3.10.5. Peso Promedio.....	12
3.10.6. Biomasa.....	12
3.10.7. Conversión Alimenticia.....	13
3.10.8. Transferencia De Conocimiento Y Tecnología	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1. Localización.	15
4.2. Materiales y equipo	15
4.4. Metodología	17
4.5. Parámetros físico químicos del agua	18
4.5.1. pH del Agua.....	18
4.5.2. Amonio.....	18
4.5.3. Nitritos.....	19
4.5.4. Nitratos	20
4.6. Parámetros productivos	21
4.6.1. Peso promedio	21
4.6.2. Biomasa.....	22
4.6.3. Conversión alimenticia.....	22
4.7. Fortalecimiento de Conocimiento a Instituciones y Universidades	23
4.7.1. Grupo Meta.....	23
4.7.2. Planificación de Socialización del Proyecto	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24

5.1.	Parámetros Físico-químicos	24
5.1.1.	pH.....	24
5.1.2.	Amonio.....	25
5.1.3.	Nitritos.....	26
5.1.4.	Nitratos.....	27
5.2.	Indicadores Productivos	28
5.2.1.	Peso Promedio.....	28
5.2.2.	Biomasa Total	29
5.2.3.	Factor de Conversión Alimenticia	30
5.2.4.	Ganancia de Biomasa	31
5.2.5.	Porcentaje de Mortalidad	32
5.3.	Fortalecimiento de los Procesos de Transferencia de Conocimiento y Tecnología	33
VI.	CONCLUSIONES.....	35
VII.	RECOMENDACIONES.....	36
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
IX.	ANEXOS	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de las actividades de transferencia de conocimiento y tecnología realizadas con instituciones del sector acuícola y educativo de Risaralda, Colombia.....	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución Del pH En Sistema De Cultivo De Tilapia	24
Figura 2. Evolución Del Amonio En Sistema De Cultivo De Tilapia	25
Figura 3. Evolución De Los Nitritos En Sistema De Cultivo De Tilapia	26
Figura 4. Evolución De Los Nitratos En El Sistema De Cultivo De Tilapia.....	27
Figura 5. Evolución Del Peso Promedio En El Sistema De Cultivo De Tilapia	28
Figura 6. Evolución De La Biomasa Total En El Sistema De Cultivo De Tilapia	29
Figura 7. Evolución Del FCR En El Sistema De Cultivo De Tilapia	30
Figura 8. Evolución De La Ganancia De Biomasa En El Sistema De Cultivo De Tilapia.....	31
Figura 9. Evolución Del Porcentaje De Mortalidad Acumulada	32

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Registros De Los Parámetros Productivos Y Fisicoquímicos	44
Anexo 2. Preparación Y Siembra De Alevines	45
Anexo 3. Registros Y Sustentación De Práctica Profesional En Colombia	46
Anexo 4. Presentación Del Proyecto A Estudiantes De La Carrera Medicina Veterinaria Y Zootecnia.....	47
Anexo 5. Preparación De Fermentos Para Implementar La Tecnología Simbiótica.....	48
Anexo 6. Materiales Y Equipos Utilizados En La Unidad Piscícola	49
Anexo 7. Muestreo De Semanal De Los Alevines	50
Anexo 8. Presentacion Del Proyecto A La Cadena Acuicola De Risaralda	51

I. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de pesca y acuicultura ha alcanzado cifras récord, destacando que, por primera vez, la acuicultura de animales acuáticos ha superado a la pesca de captura. Según la edición 2024 de *El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA)*, la producción total en 2022 ascendió a 223,2 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 4,4 % en comparación con 2020. De esta cantidad, 185,4 millones de toneladas corresponden a la producción de animales acuáticos, mientras que 37,8 millones de toneladas provienen de la recolección de algas. Estos datos reflejan la creciente importancia de la acuicultura en la seguridad alimentaria y el abastecimiento de productos pesqueros a nivel global (FAO 2024).

La acuicultura y la pesca en Colombia mostraron un crecimiento del 37,8 % durante el cuarto trimestre de 2023. La producción acuícola alcanzó las 192,000 toneladas, mientras que la pesca registró aproximadamente 81,000 toneladas. Además, el PIB del sector presentó un incremento del 17 % en comparación con el período de enero a septiembre de 2022. El informe también resalta el aumento en las exportaciones de especies cultivadas como tilapia, trucha y camarón (AUNAP 2024).

En el ámbito económico, los altos costos de alimentación afectan la rentabilidad, ya que los precios de la soja y la harina de pescado son volátiles. Además, el aumento de la producción mundial puede generar saturación del mercado y fluctuaciones de precios. Los pequeños productores también enfrentan dificultades para acceder a financiamiento, lo que limita su crecimiento y competitividad (Rahmat 2024).

Las prácticas comunes de piscicultura pueden causar efectos adversos en el medio ambiente, particularmente por los desechos líquidos que generan, los cuales contienen altas concentraciones de materia orgánica, nutrientes y sólidos en suspensión. Estos pueden modificar las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, afectando así a las poblaciones de organismos acuáticos (Luna 2011).

El proyecto se realizó en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología (CIAB-UNAD), Dosquebradas, Risaralda, con el fin de mejorar la producción de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en estanques de geomembrana mediante el uso de tecnología simbiótica. Se monitorearon pH, amonio, nitritos y nitratos y se midieron peso promedio, biomasa y FCR para garantizar calidad del agua y máxima eficiencia productiva. Al mismo tiempo, se transfirió el modelo a entidades del Eje Cafetero mediante socializaciones del proyecto a la Cadena Acuícola de Risaralda, ICA, SENA y cinco universidades.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar el manejo productivo de la tilapia gris en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia

2.2. Objetivos específicos

Determinar la variación en el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua en estanques de geomembrana, mediante monitoreos periódicos utilizando instrumentos especializados de medición, con el propósito de conocer el impacto en el bienestar de la tilapia.

Calcular los indicadores productivos del cultivo de tilapia en estanques de geomembrana, incluyendo peso promedio, biomasa y conversión alimenticia, mediante el registro de datos obtenidos en los muestreos en campo. Con el fin de comprender el rendimiento productivo y la eficiencia del sistema de producción.

Contribuir al fortalecimiento de los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología del Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología hacia instituciones gubernamentales y universidades mediante la socialización del proyecto.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Manejo Productivo de la tilapia

A nivel mundial, el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis spp.*) requiere un control estricto de parámetros del agua, como temperatura (26-30°C), oxígeno disuelto (>5 mg/L), pH (6.5-8.5) y amoníaco no ionizado (<0.05 mg/L), para minimizar el estrés y prevenir enfermedades como flavobacteriosis. Tecnologías como biofloc y sistemas de recirculación (RAS) permiten densidades de siembra de hasta 100 kg/m³ y tasas de conversión alimenticia (FCR) de 1.2-1.5, apoyadas por probióticos y aireadores, especialmente en países como China e fisicoquímicos Indonesia (FAO 2020) (Emerenciano et al. 2013).

En América, Brasil y México destacan en el uso de geomembranas y RAS, manteniendo oxígeno (>4 mg/L) y baja turbidez para evitar eutrofización. Las densidades de siembra oscilan entre 20-60 org/m², con rendimientos de 10-15 kg/m³ en Brasil. El monitoreo de nitritos (<1 mg/L) y sólidos suspendidos es clave para controlar enfermedades como estreptococosis, aunque el acceso a tecnologías sigue siendo limitado en zonas rurales (Covarrubias y Ruiz 2011).

En Colombia, el cultivo de tilapia prioriza parámetros como pH (7-8), temperatura (25-28°C) y oxígeno (>5 mg/L) en sistemas de geomembrana, alcanzando densidades de hasta 80 kg/m³ y FCR de 1.3-1.6. El biofloc estabiliza la calidad del agua y reduce efluentes, pero la falta de capacitación y los costos de monitoreo desafían a pequeños productores (Paredes-Trujillo y Mendoza-Carranza 2022).

3.2. Biología De Tilapia

La tilapia es un pez originario de África, perteneciente al género *Oreochromis*, dentro de la familia Cichlidae (cíclidos) y la subfamilia Cichlasomatinae. Es una especie adaptada a climas tropicales, destacándose por su rápido crecimiento y su habilidad para habitar diversos ecosistemas acuáticos. Posee una gran resistencia a bajos niveles de oxígeno (inferiores a 4 mg O₂/L) y a altas concentraciones de materia orgánica en el agua (superiores a 30 ml de sólidos suspendidos). Además, puede tolerar amplias variaciones en la salinidad y la temperatura. Gracias a estas características y a su facilidad de reproducción, la tilapia se ha convertido en una de las especies más cultivadas a nivel mundial (Bioaquafloc 2018).

Cuerpo robusto, de forma comprimida y discoidal, aunque en raras ocasiones puede ser alargado. Presenta una boca protráctil con labios gruesos, característica exclusiva de la especie *O. mossambicus*. Sus mandíbulas son anchas y están equipadas con dientes cónicos, y en algunos casos, incisivos. La aleta dorsal tiene forma de cresta, con espinas y radios en su extremo. La aleta caudal es redondeada o truncada. En cuanto a la diferenciación sexual, el macho posee dos aberturas en la papila genital: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra cuenta con tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuacultura Sustentable 2018).

3.3. Hábitat de la Tilapia

La tilapia, en su hábitat natural, se alimenta de algas, bentos y, en casos de escasez, de zooplancton. Sin embargo, en cultivos comerciales, estas fuentes son limitadas, por lo que es necesario proporcionar alimento balanceado de alta calidad. Al elegirlo, es fundamental considerar su contenido de proteína, digestibilidad y el tamaño de las partículas, que deben ajustarse a la boca del pez. Un diámetro adecuado facilita el consumo, reduce el gasto energético y mejora la conversión alimenticia. Esto permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y maximiza el retorno de la inversión en la producción acuícola (Pronaca 2025).

3.4. Mejoramiento Genético

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) ha sido ampliamente estudiada desde el ámbito genético, lo que ha favorecido su mejora y conservación. Entre los programas más relevantes se encuentra la Tilapia de Cultivo Genéticamente Mejorada (GIFT), desarrollada en la década de 1980 mediante la colaboración entre ICLARM (actualmente WorldFish) y AKVAFORK. Este proyecto integró ocho poblaciones fundadoras provenientes de África y Asia, obteniendo un incremento del crecimiento entre un 10 y 15% por generación a lo largo de seis ciclos de selección (Barría et al. 2023).

Investigaciones sobre diversidad genética basadas en microsatélites han mostrado una diferenciación que varía de moderada a alta entre distintas cepas domesticadas de tilapia. ejemplo de ello es la notable variabilidad genética identificada al comparar las cepas Chitralada, IDRC, GIFT y GOTT, lo que resalta la relevancia de conservar la diversidad genética para evitar la endogamia en los programas de reproducción (Rutten et al. 2004).

3.5. Fisiología Reproductiva

La tilapia es un organismo modelo ideal para el estudio de la endocrinología reproductiva. Su ciclo de desarrollo dura alrededor de 14 días y permite su reproducción artificial a lo largo de todo el año para la producción de crías de un solo sexo. Factores como *Dmrt1* y *Foxl3* desempeñan un papel fundamental en la determinación del destino de las células germinales y en la plasticidad sexual (Li et al. 2024).

3.6. Tecnología Simbiótica

Los probióticos en la acuicultura ayudan a los peces a digerir mejor los nutrientes, a resistir el estrés y a reproducirse con mayor facilidad (Martínez Cruz et al., 2012).

Además, una revisión reciente explica que los probióticos detienen el crecimiento de microbios dañinos, fortalecen la resistencia a enfermedades, mejoran la digestión y ayudan a los animales acuáticos a tolerar el estrés (Calcagnile et al., 2024).

3.7. Crecimiento y Nutrición

Los probióticos en la alimentación o en el agua de los sistemas de cultivo ha demostrado efectos positivos sobre el crecimiento de los peces, la utilización del alimento y la eficiencia alimenticia. Según (El-Saadony et al., 2021) los probióticos mejoran el rendimiento de crecimiento, la salud del intestino y el estado general del pez.

(Mohammed et al., 2025), afirma que en diversos sistemas acuícolas los probióticos mejoran la expresión de crecimiento, eficiencia en la utilización del alimento, prevención de enfermedades y manejo de la calidad del agua cuando fueron aplicados como aditivos en alimento o en agua durante 30 a 90 días.

3.8. Estimulación del Sistema Inmune Y Resistencia a Enfermedades

Una de las ventajas más grandes importante de los probióticos en acuicultura es su capacidad para regular el sistema inmunológico de los peces, mejorando su resistencia frente a patógenos. La revisión “Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture” nos indica que los probióticos actúan mediante varios mecanismos: fortalecimiento de la respuesta inmune, competencia por sitios de unión con patógenos, producción de sustancias antibacterianas y competencia por nutrientes (Hoseinifar et al., 2018).

3.9. Sostenibilidad y calidad del agua

Los probióticos en acuicultura también pueden contribuir a mejorar las condiciones del ambiente de cultivo y lograr hacer el sistema más sostenible. En la revisión de (Gadhiya et al., 2025) se plantea que los probióticos apoyan la salud de los peces, la productividad y la seguridad medioambiental en acuicultura, al ofrecer una alternativa viable y eficiente a los antibióticos.

3.10. Parámetros Físicoquímicos y Productivos

3.10.1. Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro crítico en la acuicultura de tilapia, ya que influye directamente en el crecimiento, la conversión alimenticia y la supervivencia de los peces. Niveles inadecuados de OD pueden generar estrés, haciendo a la tilapia más susceptible a enfermedades y reduciendo su rendimiento general. Factores como la temperatura del agua, la densidad de siembra y la descomposición de materia orgánica afectan los niveles de OD en los estanques (Kelany et al. 2024).

El oxígeno disuelto es un factor crítico en la producción de tilapia, ya que afecta directamente su crecimiento, salud y supervivencia. Niveles bajos de oxígeno disuelto (2.8 ± 1.2 mg/L) pueden causar estrés en los peces, reduciendo su longitud, peso y espacios inter-circulares en las escamas (Ibáñez et al. 2017).

La estratificación térmica en estanques de tilapia puede provocar variaciones importantes en los niveles de OD y en la concentración de amoníaco. Investigaciones realizadas en el norte de Tailandia indican que la desestratificación del agua puede aumentar el OD en las capas inferiores del estanque, mejorando la calidad del agua y reduciendo la acumulación de desechos nitrogenados tóxicos. Estas prácticas contribuyen a mantener un ambiente más saludable para la tilapia (Sriyasak et al. 2015).

3.10.2. Temperatura del Agua

La relación entre la temperatura del agua y el crecimiento de la tilapia es significativa. Se ha observado que la tilapia del Nilo presenta un crecimiento óptimo en un rango de temperatura entre 28 °C y 32 °C. Temperaturas fuera de este rango pueden afectar negativamente la eficiencia alimenticia y la retención de proteínas, lo que subraya la importancia de monitorear y controlar la temperatura en sistemas de acuicultura para maximizar el rendimiento (Xie et al. 2011).

La interacción entre la temperatura y la frecuencia de alimentación influye en el crecimiento y la respuesta inmunológica de la tilapia juvenil. Mantener una temperatura de 28 °C con dos comidas al día favorece la fisiología corporal, mientras que aumentar la temperatura a 30 °C con la misma frecuencia de alimentación mejora la salud y el crecimiento general. Esto sugiere que ajustes en la temperatura y la alimentación pueden optimizar la producción acuícola (Hamed et al. 2024).

La implementación de estructuras como invernaderos ha demostrado ser efectiva para mantener temperaturas óptimas en la producción de tilapia. Un estudio en Honduras mostró que cubrir los estanques con plásticos tipo invernadero elevó la temperatura del agua, permitiendo la producción continua de alevines durante todo el año. Esta técnica es especialmente útil en regiones donde las temperaturas descienden durante ciertas estaciones, asegurando condiciones térmicas estables para el crecimiento y la reproducción de la tilapia (Meyer 2009)

3.10.3. Amonio

El amonio es un subproducto del metabolismo proteico en la tilapia y de la descomposición de materia orgánica en sistemas acuícolas. En el agua, el amonio existe en equilibrio entre el ion amonio (NH_4^+) y el amoníaco no ionizado (NH_3), siendo este último altamente tóxico para los peces. Factores como el pH y la temperatura influyen en este equilibrio; por ejemplo, un pH elevado favorece la formación de NH_3 , aumentando su toxicidad. Por lo tanto, es esencial monitorear y controlar estos parámetros para mantener la salud de la tilapia en sistemas de cultivo (Evans et al. 2006).

La exposición constante al amonio también afecta el crecimiento de la tilapia. Un estudio evaluó el impacto de concentraciones de NH_3 de 0.50, 0.89 y 1.58 mg/L en tilapia GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) bajo diferentes densidades de cultivo. Se encontró que una concentración de 1.58 mg/L resultó en una mortalidad acumulada del 89.5%, mientras que concentraciones de 0.89 mg/L redujeron la ganancia de peso diario entre un 30% y 41% (Sánchez Ortiz et al. 2023).

3.10.4. pH del agua

El pH del agua es un factor determinante en la acuicultura de tilapia, ya que influye directamente en su crecimiento y supervivencia. Estudios han indicado que el rango óptimo de pH para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se encuentra entre 6.5 y 9.0. Valores de pH fuera de este intervalo pueden provocar estrés, reducir la tasa de crecimiento y aumentar la mortalidad de los peces. Por lo tanto, mantener el pH del agua dentro de este rango es esencial para una producción eficiente (Yokogawa 2025).

Investigaciones han muestran que diferentes etapas de desarrollo de la tilapia tienen tolerancias variables al pH. Por ejemplo, se ha observado que los juveniles de tilapia pueden adaptarse y crecer en aguas moderadamente ácidas con un pH tan bajo como 4.0. Sin embargo, la reproducción y el crecimiento óptimo generalmente ocurren en rangos de pH más cercanos a la neutralidad. Esto quiere decir que, aunque la tilapia puede sobrevivir en condiciones de pH subóptimas, su rendimiento es mejor en condiciones óptimas (Mustapha y Atolagbe 2018).

En estudios realizados en estanques de tierra, se encontró que el pH variaba entre 6.32 y 6.76, lo que se considera adecuado para el crecimiento de la tilapia. Sin embargo, se observaron variaciones diarias en el pH debido a procesos como la fotosíntesis y la respiración. Estas fluctuaciones resaltan la necesidad de monitorear regularmente el pH para mantener condiciones estables y óptimas para el cultivo de tilapia (Makori et al. 2017).

3.10.5. Peso Promedio

La producción de tilapia en estanques revestidos con geomembrana ha demostrado ser eficaz en diversas regiones, aunque los estudios específicos en Honduras son limitados. Por ejemplo, en México, un estudio evaluó dos cepas comerciales de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en estanques de geomembrana de 2,520 m³ durante 123 días. Los resultados mostraron que la cepa Spring Genetic-Benchmark Holding® alcanzó un peso final promedio de 528.46 g, mientras que la cepa B alcanzó 402.44 g, indicando una diferencia significativa en el crecimiento entre las cepas. Estos hallazgos subrayan la importancia de la selección genética en la producción de tilapia en sistemas con geomembrana (Palma-Cancino et al., 2019)

La tilapicultura en estanques con geomembrana ha ganado terreno en EE. UU. por mejorar el control del agua y la eficiencia productiva. A pesar de ello, aún hay poca información científica sobre el peso promedio de tilapias criadas en estos sistemas. Un estudio presentado en Aquaculture America 2023 analizó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques tradicionales y sistemas IPRS con distintas densidades. En estanques tradicionales con 5.5 peces/m², los peces alcanzaron 488.5 g en 230 días. Por otro lado, en sistemas IPRS, los peces lograron 589 g en solo 146 días. Esto sugiere que los sistemas IPRS promueven un crecimiento más eficiente (Arana et al., 2025).

3.10.6. Biomasa

La biomasa representa el peso total de todos los peces vivos en un sistema de cultivo en un momento dado, y es uno de los indicadores clave para la gestión acuícola eficiente. Esta medición se obtiene multiplicando el número de peces por el peso promedio individual, permitiendo a los productores calcular con precisión las necesidades alimenticias diarias, estimar el rendimiento del cultivo, y tomar decisiones sobre densidad de siembra y tiempos de cosecha (BarentsWatch 2012).

En la acuicultura de tilapia, la biomasa se refiere al peso total de los peces en un sistema de cultivo en un momento determinado. Este parámetro es esencial para evaluar la productividad y eficiencia de los sistemas acuícolas. Un estudio comparativo en México analizó dos cepas comerciales de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas en estanques de geomembrana de 2,520 m³ durante 123 días. Los resultados mostraron que la cepa Spring Genetic-Benchmark Holding® alcanzó una biomasa cosechada de 6,285 kg, mientras que la cepa B obtuvo 4,785 kg, indicando diferencias significativas en la producción de biomasa entre cepas (Suárez Puerto et al. 2023).

3.10.7. Conversión Alimenticia

El Índice de Conversión Alimenticia (FCR, por sus siglas en inglés) es un parámetro esencial en la acuicultura de tilapia que mide la eficiencia con la que los peces transforman el alimento en incremento de peso corporal. Se calcula dividiendo la cantidad de alimento consumido por el aumento de peso obtenido. Un FCR más bajo indica una conversión más eficiente del alimento, lo que se traduce en menores costos de producción y menor impacto ambiental (Boyd y McNevin 2022).

En el cultivo de tilapia, es común alcanzar FCR entre 1.4:1 y 1.8:1, considerados óptimos en la producción animal. Sin embargo, este índice puede variar según factores como la calidad del alimento, las condiciones ambientales y las prácticas de manejo. La mejora del FCR es fundamental para aumentar la sostenibilidad y rentabilidad en la producción de tilapia (Aquatic Network 2025).

3.10.8. Transferencia De Conocimiento Y Tecnología

La transferencia de conocimiento y tecnología es un proceso estratégico mediante el cual se difunden conocimientos técnicos, científicos y metodológicos desde instituciones académicas, centros de investigación y organismos públicos hacia el sector empresarial y otras organizaciones sociales. Este intercambio tiene como objetivo principal transformar los resultados de la investigación y el desarrollo en soluciones prácticas que generen impacto económico, social y ambiental. A través de este proceso, se facilita la adopción de innovaciones, la mejora de procesos productivos y la creación de nuevos bienes y servicios. Asimismo, fomenta la colaboración entre el sector científico y el productivo, reduciendo la brecha entre la investigación teórica y su aplicación práctica (Vázquez 2025).

La transferencia de conocimiento y tecnología es fundamental en el sector agropecuario, ya que facilita la adopción de innovaciones que mejoran la productividad y sostenibilidad de las explotaciones agrícolas y ganaderas. Este proceso permite que los avances científicos y tecnológicos lleguen a los productores, optimizando el uso de recursos y reduciendo costos. Según un estudio publicado en Redalyc, es esencial implementar esquemas de transferencia tecnológica e innovación basados en enfoques científicos que identifiquen los factores clave para la introducción efectiva del conocimiento técnico en los escenarios productivos (Herrera-Toscano 2023)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización.

El presente trabajo se realizó en la república de Colombia, en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), específicamente en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, (CIAB), en el municipio de Dosquebradas, Risaralda. Las coordenadas geográficas son latitud 4.8750122 y longitud -75.6365108. Presenta una temperatura promedio que oscila entre 15 °C y 24 °C, una humedad relativa del 90-94% y una altitud de 1.400 metros sobre el nivel del mar (Google Maps 2025) (Accuweather 2025).

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo del proyecto sobre el manejo productivo de la tilapia gris en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la UNAD, se utilizaron diversos materiales y equipos especializados para garantizar la precisión en los monitoreos y el análisis de los parámetros fisicoquímicos y productivos. Se empleó un medidor de pH Consort C6010 para evaluar el pH del agua, y el API Freshwater Master Test Kit para medir las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato en los estanques, con el objetivo de determinar la calidad del agua y su impacto en el bienestar de los peces. Además, se usaron balanzas digitales KERN EMB para registrar el peso de los peces durante los ciclos de muestreo, y se llevó un control detallado de los alimentos suministrados, utilizando básculas precisas para garantizar la cantidad adecuada de alimento según las necesidades de los peces. Estos equipos permitieron un monitoreo eficiente y exacto de los parámetros productivos, lo que fue esencial para obtener datos confiables que guiaron las decisiones operativas y mejoraron el rendimiento del sistema acuícola.

4.3. Descripción de la práctica

La práctica profesional supervisada, con una duración de tres meses (mayo a agosto de 2025), se llevó a cabo en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología (CIAB) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), ubicado en Risaralda, Colombia, a 8 km del centro urbano, en una zona montañosa con temperaturas de 15-24 °C y humedad del 90-94%. El CIAB, equipado con un estanque de geomembrana (12.56 m³) y dos laboratorios especializados en análisis fisicoquímicos y biotecnología, se dedica a la investigación aplicada, desarrollo tecnológico y transferencia de conocimiento en agricultura, acuicultura y biotecnología, con un enfoque en sostenibilidad, seguridad alimentaria y desarrollo rural.

Su cobertura abarca principalmente el Eje Cafetero (Risaralda, Caldas, Quindío), extendiéndose nacionalmente a través de la red de la UNAD, promoviendo innovaciones para pequeños y medianos productores. La práctica consistió en monitorear diariamente parámetros del agua (pH, amonio, nitritos y nitratos) con equipos especializados, calcular indicadores productivos (peso promedio, biomasa, FCR) mediante muestreos semanales, implementación de tecnología simbiótica mediante la preparación de fermentos microbianos (bacterias ecopro, melaza, levaduras, salvado de maíz) y su aplicación en el estanque para optimizar la calidad del agua.

El proyecto se socializó a representantes de la Cadena Acuícola de Risaralda, el Instituto Colombiano Agropecuario, la Asociación de Piscicultores Comercializadores Agropecuarios, la Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, la Fundación Educativa de Risaralda, la Universidad Libre, el Servicio Nacional de Aprendizaje y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. La práctica contribuyó a optimizar el cultivo de tilapia gris, generando datos técnicos y fortaleciendo la competitividad acuícola regional.

4.4. Metodología

La metodología para el desarrollo del manejo productivo de la tilapia gris en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en Risaralda, Colombia, se llevó a cabo en varias fases interrelacionadas.

En primer lugar, se realizaron monitoreos periódicos de los parámetros fisicoquímicos del agua, tales como amonio, nitritos, nitratos y pH, utilizando equipos especializados como el API Freshwater Master Test Kit para medir amonio, nitritos y nitratos, y un medidor de pH Consort C6010 para evaluar el pH del agua. Estos monitoreos permitieron evaluar las variaciones en dichos parámetros y su impacto en la calidad del agua y el bienestar de los peces.

Posteriormente, se calcularon los indicadores productivos del cultivo, tales como peso promedio, biomasa y conversión alimenticia, mediante el uso de balanzas digitales marca KERN EMB para medir el peso de los peces y el registro detallado del alimento suministrado. Estos datos fueron analizados para evaluar el rendimiento productivo y la eficiencia del sistema en estanques de geomembrana.

Además, se fortalecieron los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología a través de reuniones en las que se dio a conocer el proyecto sobre el manejo productivo de la tilapia gris implementando la tecnología simbiótica, incluyendo todos los aspectos que este conlleva, como los resultados de los monitoreos, las tecnologías empleadas y las buenas prácticas en la producción acuícola. Estas reuniones permitieron compartir conocimientos y experiencias con instituciones, fomentando la adopción de tecnologías innovadoras y prácticas sostenibles.

4.5. Parámetros físico químicos del agua

4.5.1. pH del Agua

El pH del agua se midió todos los días a las 8:00 am y a las 4:00 pm con el apoyo de un medidor de pH portátil marca Consort C6010. Se calibró el medidor de pH utilizando soluciones tampón estándar (pH 4.0 y 7.0) según las indicaciones del fabricante, asegurando que el electrodo estuviera limpio y en buen estado. Posteriormente, se enjuagó el electrodo con agua destilada y luego con agua del estanque. Se recolectó agua con un beaker de 250 ml a una profundidad de 3-5 cm en un punto representativo del estanque de geomembrana, evitando áreas cercanas a sistemas de alimentación o acumulación de residuos.

Se sumergió el electrodo en el beaker y se esperó 1-2 minutos hasta que la lectura se estabilizó. Se anotó el valor del pH, junto con la hora. Finalmente, el electrodo se enjuagó con agua destilada y se guardó en una solución de almacenamiento adecuada para preservar su funcionalidad.

4.5.2. Amonio

Se midió la concentración de amonio (NH_4^+) en el agua todos los días en el horario de 8:00 am y 4:00 pm con el apoyo de pruebas de colorimetría marca API Freshwater Master Test Kit. Se limpió un beaker de 250 ml con agua del estanque y se recolectó una muestra a 3-5 cm de profundidad, asegurando que fuera representativa y tomada lejos de puntos de alimentación o acumulación de materia orgánica.

A continuación, se siguieron las instrucciones de la prueba colorimétrica: se llenó un tubo de ensayo limpio hasta la línea con 5 ml de la muestra de agua, se agregaron 8 gotas del reactivo 1 (ammonia test solution #1) manteniendo el gotero en posición completamente vertical para asegurar uniformidad en las gotas, y se agitó vigorosamente durante 5 segundos; luego, se agregaron 8 gotas del reactivo 2 (ammonia test solution #2) de la misma manera y se agitó nuevamente vigorosamente durante 5 segundos. Se esperó 5 minutos para el desarrollo del color.

Posteriormente, se comparó el color de la solución con la escala de color proporcionada por el kit, visualizándola en un área bien iluminada contra el fondo blanco de la carta. Se anotó el valor del amonio en mg/L (ppm), junto con la hora y el punto de muestreo. Finalmente, los reactivos usados se desechos siguiendo las normativas locales, y el tubo de ensayo se enjuagó con agua limpia después de su uso.

4.5.3. Nitritos

Se midió la concentración de nitritos (NO_2^-) en el agua todos los días a las 8:00 am y 4:00 pm con el apoyo de unas pruebas de colorimetría marca API Freshwater Master Test. Se limpió un beaker de 250 ml con agua del estanque y se recolectó una muestra a 3-5 cm de profundidad, asegurando que fuera representativa y tomada lejos de puntos de alimentación o acumulación de materia orgánica. Siguiendo las instrucciones del kit, se llenó un tubo de ensayo limpio hasta la línea con 5 ml de la muestra de agua, se agregaron 5 gotas del reactivo de nitrito (Nitrite Test Solution) manteniendo el gotero en posición completamente vertical, y se agitó vigorosamente durante 5 segundos. Se esperó 1 minuto para el desarrollo del color. Posteriormente, se comparó el color de la solución con la escala de color proporcionada por el kit, visualizándola en un área bien iluminada contra el fondo blanco de la carta. Se anotó el valor del nitrito en mg/L (ppm), junto con la hora y el punto de muestreo. Finalmente, los reactivos usados se descharon siguiendo las normativas locales, y el tubo de ensayo se enjuagó con agua limpia después de su uso.

4.5.4. Nitratos

Se midió la concentración de nitratos (NO_3^-) en el agua todos los días a las 8:00 am y 4:00 pm con el apoyo de unas pruebas de colorimetría marca API Freshwater Master Test Kit. Se limpió un beaker de 250 ml con agua del estanque y se recolectó una muestra a 3-5 cm de profundidad, asegurando que fuera representativa y tomada lejos de puntos de alimentación o acumulación de materia orgánica. De acuerdo con las instrucciones del kit, se llenó un tubo de ensayo limpio hasta

la línea con 5 ml de la muestra de agua, se agregaron 10 gotas del reactivo 1 (Nitrate Test Solution #1) manteniendo el gotero en posición completamente vertical, y se agitó vigorosamente durante 30 segundos. Luego, se agitó el frasco del reactivo 2 (Nitrate Test Solution #2) durante 30 segundos para homogeneizarlo, se agregaron 10 gotas de este reactivo al tubo, y se agitó vigorosamente durante 1 minuto. Se esperó 5 minutos para el desarrollo del color.

Posteriormente, se comparó el color de la solución con la escala de color proporcionada por el kit, visualizándola en un área bien iluminada contra el fondo blanco de la carta. Se anotó el valor del nitrato en mg/L (ppm), junto con la hora y el punto de muestreo. Finalmente, los reactivos usados se desecharon siguiendo las normativas locales, y el tubo de ensayo se enjuagó con agua limpia después de su uso.

4.6. Parámetros productivos

Muestreos

Se realizaron muestreos cada semana con el apoyo de una red tipo atarraya que medía 3.60 metros de diámetro y malla de 8 mm, construida con material de nylon y plomos de acero inoxidable con un peso de aproximadamente 4 lb. Los muestreos se llevaron a cabo en horarios de 8:00 y 9:00 am.

4.6.1. Peso promedio

Se calculó el peso promedio cada semana tomando una muestra del 10 % de la población de los estanques de geomembrana. Se procedió a pesar la cantidad de peces en una balanza digital marca KERN EMB. La cantidad de libras de la muestra se dividió entre el número de peces muestreados para obtener el peso promedio.

La fórmula utilizada para el peso promedio fue la siguiente:

Peso promedio (g) = Peso total de la muestra (g) ÷ Número de peces muestreados

4.6.2. Biomasa

La biomasa total del estanque de geomembrana se calculó cada semana muestreando el 10 % de la población estimada, capturando los peces con una atarraya que medía 3.60 metros de diámetro y malla de 8 mm, construida con material de nylon y plomos de acero inoxidable con un peso de aproximadamente 4 lb. Los peces muestreados se pesaron en una balanza digital marca KERN EMB. El peso total de la muestra se dividió entre el número de peces muestreados para obtener el peso promedio, que se multiplicó por la población total estimada del estanque (calculada como el número inicial de peces menos las mortalidades registradas).

La fórmula utilizada para la biomasa fue la siguiente:

$$\text{Biomasa total (g)} = \text{Peso promedio (g)} \times \text{Número estimado de peces en el estanque}$$

4.6.3. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia (FCR) se calculó cada semana, utilizando datos de una muestra del 10 % de la población de los estanques de geomembrana para estimar el incremento de biomasa. Los peces se capturaron con una atarraya que medía 3.60 metros de diámetro y malla de 8 mm, construida con material de nylon y plomos de acero inoxidable con un peso de aproximadamente 4 lb, y se pesaron en una balanza digital marca KERN EMB. Se registró el peso total de la muestra, dividiéndolo entre el número de peces para obtener el peso promedio, y se calculó el incremento de biomasa comparando con el muestreo anterior. El FCR se determinó dividiendo el total de alimento suministrado (en kg, registrado diariamente) entre el incremento de biomasa (en kg) durante el período.

La fórmula utilizada para la conversión alimenticia fue la siguiente:

$$\text{FCR} = \text{Peso total del alimento suministrado (g)} \div \text{Incremento de biomasa (g)}$$

4.7. Fortalecimiento de Conocimiento a Instituciones y Universidades

4.7.1. Grupo Meta

El grupo meta estuvo conformado exclusivamente por representantes de universidades y entidades del estado. Estas instituciones mostraron interés en conocer la producción de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) utilizando la tecnología simbiótica.

Se enfocó en instituciones, interesadas en adoptar tecnologías innovadoras como el monitoreo de calidad del agua, prácticas de manejo eficiente y el uso de datos históricos para optimizar la producción. Las universidades y entidades del estado se incluyeron porque estaban interesadas en conocer las técnicas empleadas, los parámetros productivos registrados y en brindar un acompañamiento para fomentar la adopción de estas prácticas entre los productores.

4.7.2. Planificación de Socialización del Proyecto

En la planificación de la transferencia de conocimiento, se llevó a cabo un proceso que incluyó la invitación a representantes de diversas instituciones, como universidades y entidades del estado, junto con actores de la cadena acuícola, para que conocieran el proyecto y las estrategias de manejo implementadas. Estos participantes, que formaban parte del grupo meta compuesto por entidades interesadas en tecnologías innovadoras como el monitoreo de calidad del agua y el uso de datos históricos, estuvieron presentes durante visitas al proyecto y en la sustentación de la práctica profesional. Este acercamiento permitió a las instituciones explorar las técnicas y parámetros productivos aplicados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Parámetros Físico-químicos

A continuación, se presentan los parámetros fisicoquímicos del agua representan indicadores esenciales para evaluar la calidad del agua en sistemas de cultivo acuícola, permitiendo monitorear variables clave como pH, amonio, nitritos y nitratos.

5.1.1. pH

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de pH durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia

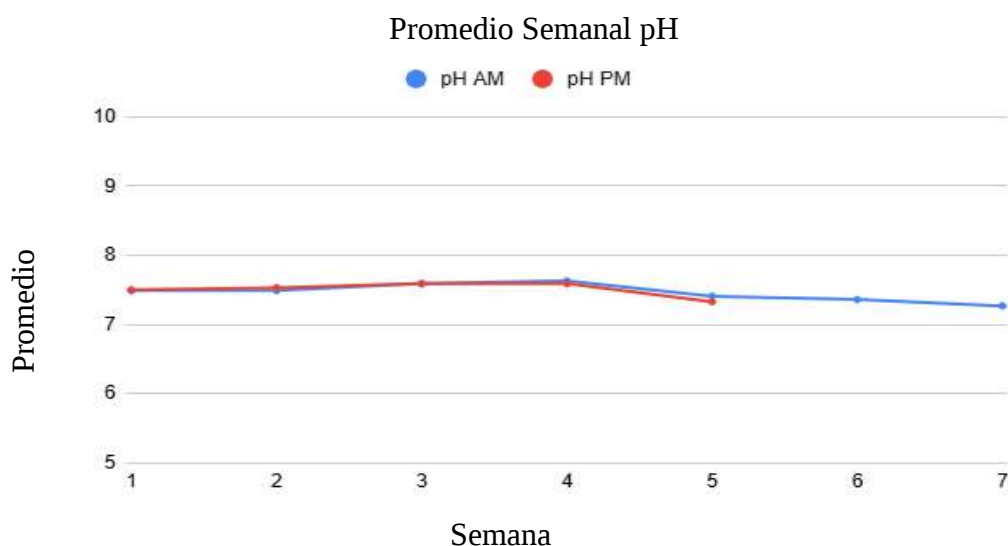


Figura 1. Comportamiento del pH de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología

El comportamiento en el agua de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, presentó un promedio en pH de 7.48, con un mínimo de 7.0 y un máximo de 8.2. El pico de 8.2 se registró el 16 de julio por la tarde, la causa fue porque la unidad se quedó sin energía eléctrica por aproximadamente 5 horas, pero los niveles descendieron gradualmente a 7.0-7.5 en agosto, evidenciando la estabilización mediante la acción microbiana y vegetal de la tecnología simbiótica. Los valores de pH se mantuvieron dentro del rango óptimo (6.5-8.5) recomendado para el cultivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), tal como se menciona en la revisión de literatura.

5.1.2. Amonio

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de amonio durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

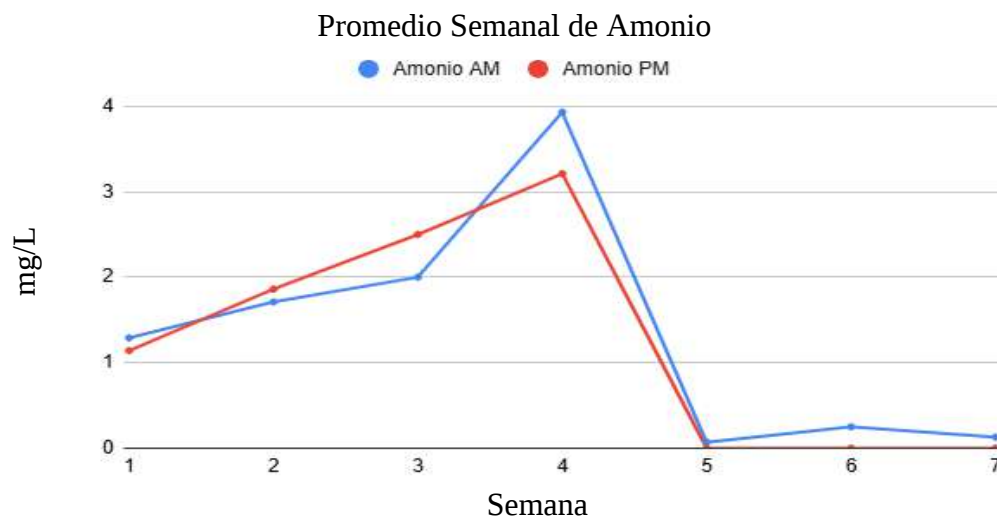


Figura 2. Comportamiento del amonio de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología

El comportamiento en el agua de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, presentó un promedio en amonio de 1.51 mg/L, con un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo de 4.0 mg/L. Un aumento notable ocurrió del 21 al 28 de julio, alcanzando un pico de 4 mg/L, lo que indica una nitrificación inicial. Los niveles de amonio se mantuvieron dentro de rangos seguros (generalmente <4 mg/L en sistemas simbióticos), con una disminución progresiva hasta valores no tóxicos.

5.1.3. Nitritos

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de nitritos durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

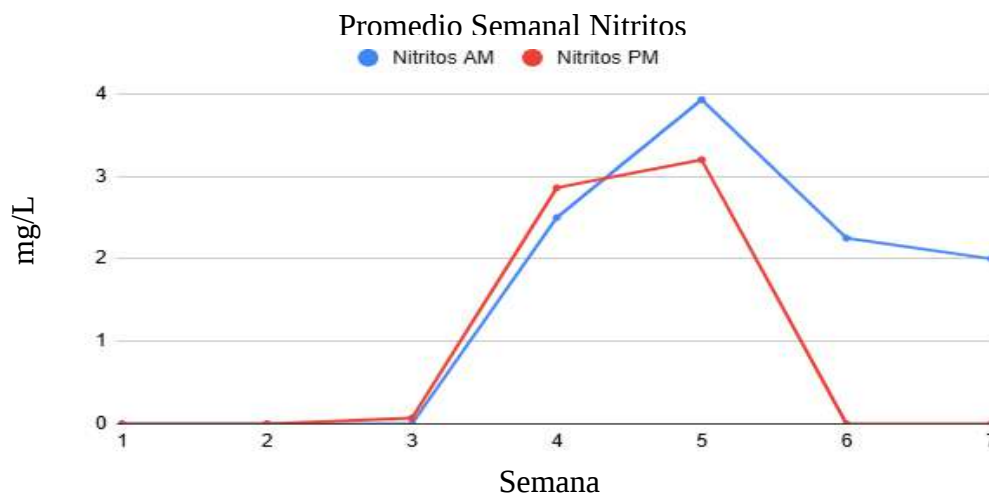


Figura 3. Comportamiento de los nitritos de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología

El comportamiento en el agua de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, presentó un promedio en nitritos de 1.45 mg/L, con un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo de 5.0 mg/L. Los nitritos se mantuvieron por

debajo del umbral tóxico (<5 mg/L) durante la mayor parte del ciclo, con picos controlados y una rápida estabilización.

5.1.4. Nitratos

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de nitratos durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

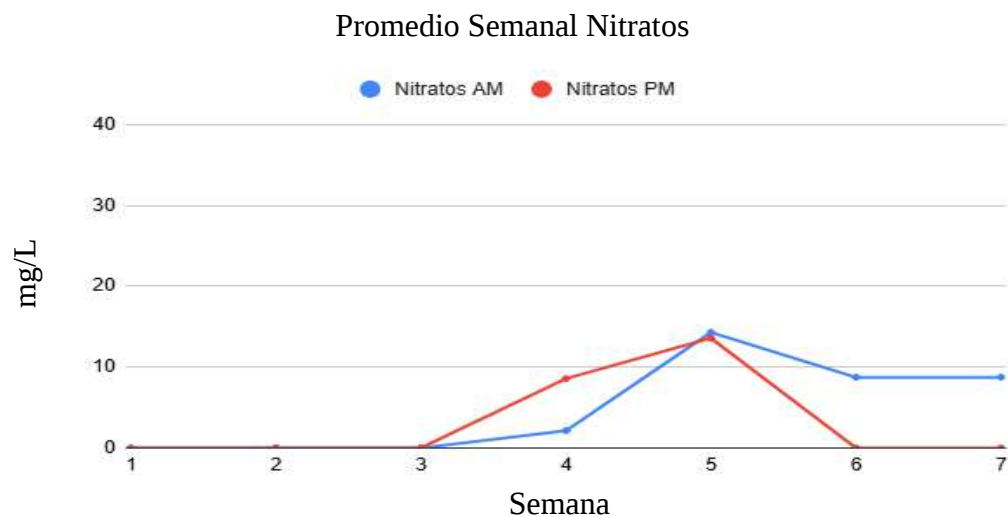


Figura 4. Comportamiento de los nitratos de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología

El comportamiento en el agua de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, presentó un promedio en nitratos de 5.0 mg/L, con un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo de 80.0 mg/L. Aunque se registró un pico máximo de 80 mg/L, los nitratos fueron rápidamente regulados por la absorción vegetal del sistema simbiótico, manteniéndose en rangos seguros la mayor parte del tiempo.

5.2. Indicadores Productivos

Los indicadores productivos representan métricas clave para evaluar el rendimiento del cultivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), incluyendo peso promedio, biomasa total, factor de conversión alimenticia (FCR), ganancia de biomasa y porcentaje de mortalidad acumulada

5.2.1. Peso Promedio

Se muestra gráfica sobre el comportamiento del peso promedio durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.



Figura 5. El comportamiento del peso promedio de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología.

La evolución del peso promedio un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología, presentó un promedio aproximado de 17 g, con un mínimo de 4 g y un máximo de 34 g. El aumento significativo del peso promedio de los peces (de 4 g a 34 g) evidencia la efectividad de la tecnología simbiótica en optimizar el crecimiento, tal como se indica en la bibliografía del informe. Esta evolución, impulsada por la estabilidad de los parámetros fisicoquímicos, contribuyó a una mayor eficiencia productiva y al bienestar de la tilapia.

5.2.2. Biomasa Total

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de la biomasa total durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

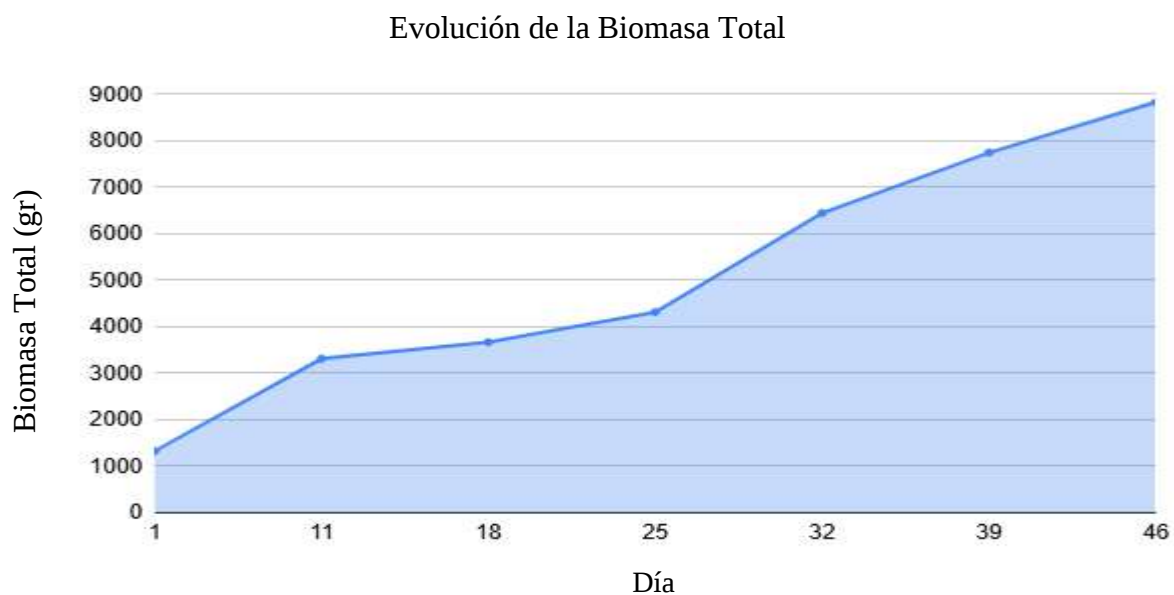


Figura 6. El comportamiento de la biomasa total de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología.

La biomasa total presentó un promedio aproximado de 5,000 g, con un mínimo de 1,300 g y un máximo de 8,800 g. Presentó un incremento exponencial desde aproximadamente 1,000 g el 1 de julio hasta cerca de 9,000 g el 15 de agosto de 2025. El incremento de la biomasa total (de 1,300 g a más de 8,800 g) demuestra la capacidad del sistema simbiótico para potenciar la productividad.

5.2.3. Factor de Conversión Alimenticia

Se muestra gráfica sobre el comportamiento del FCR durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

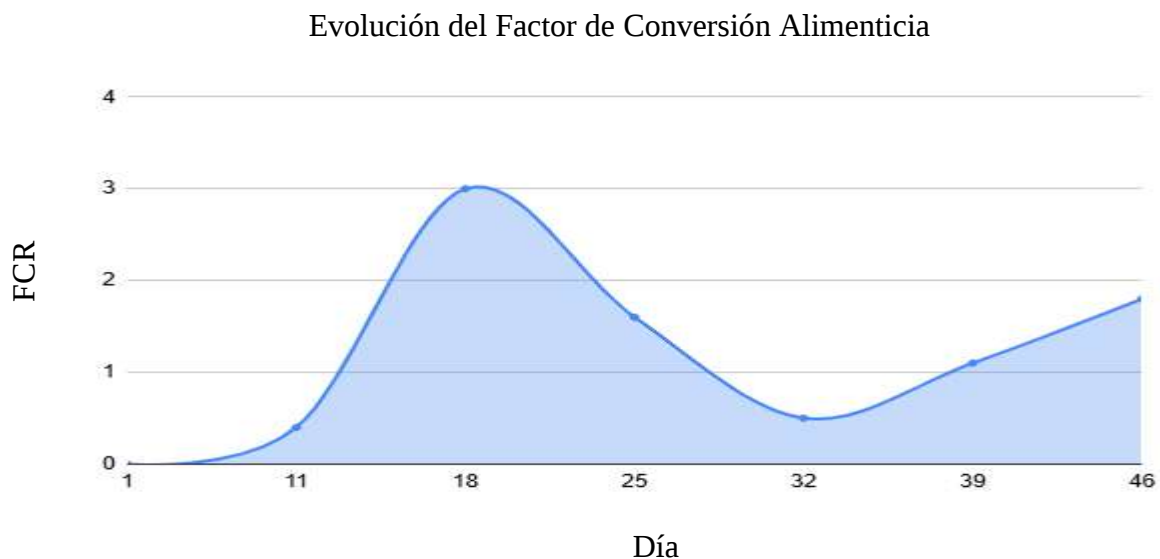


Figura 7. El comportamiento del factor de conversión alimenticia de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología.

El factor de conversión alimenticia presentó un promedio de 1.4, con un mínimo de 0.4 y un máximo de 3. Estas fluctuaciones reflejan ajustes iniciales en el sistema, donde la estabilización del ciclo del nitrógeno minimiza el desperdicio energético en los peces, relacionando directamente

la productividad con la salud al reducir el estrés metabólico. El índice de conversión alimenticia se mantuvo en valores óptimos de 1.4, reflejando la eficiencia del sistema simbiótico implementado.

5.2.4. Ganancia de Biomasa

Se muestra gráfica sobre el comportamiento de la ganancia de biomasa durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

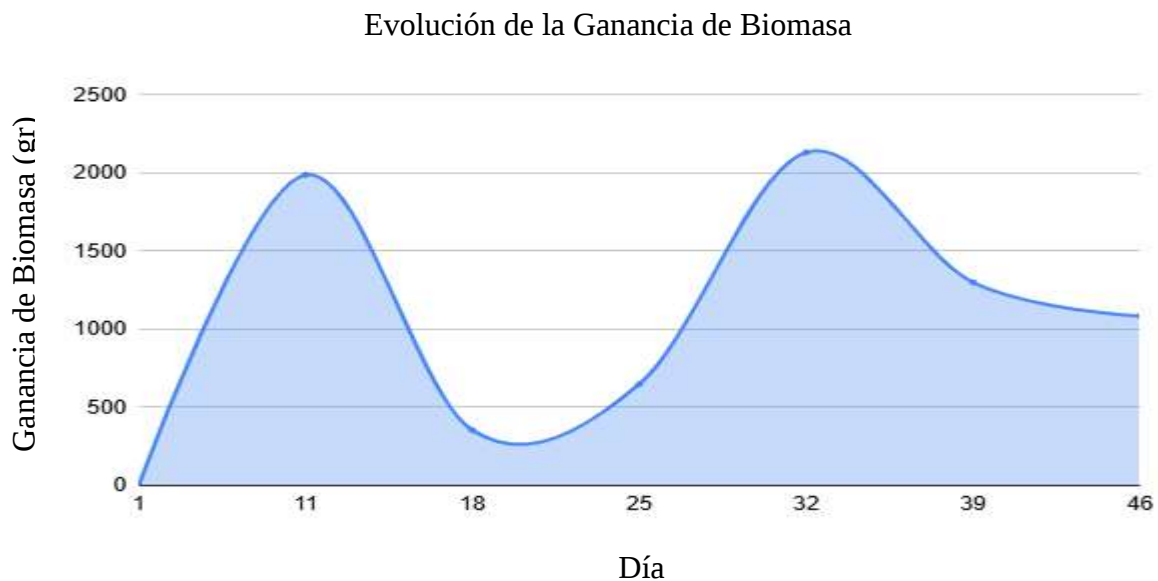


Figura 8. El comportamiento de la ganancia de biomasa de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología.

La evolución de la ganancia en la biomasa presentó un promedio aproximado de 1,250 g, con un mínimo de 1989 g y un máximo de 2,132 g. Esta curva ondulante indica periodos de adaptación y crecimiento acelerado, donde la reducción de toxicidad ambiental permite ganancias netas positivas. La ganancia de biomasa, con fluctuaciones controladas y netas positivas, resalta el

impacto de la tecnología simbiótica en optimizar la acumulación de masa sin comprometer la vitalidad.

5.2.5. Porcentaje de Mortalidad

Se muestra gráfica sobre el comportamiento del porcentaje de mortalidad acumulada durante los meses julio a agosto en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Risaralda, Colombia.

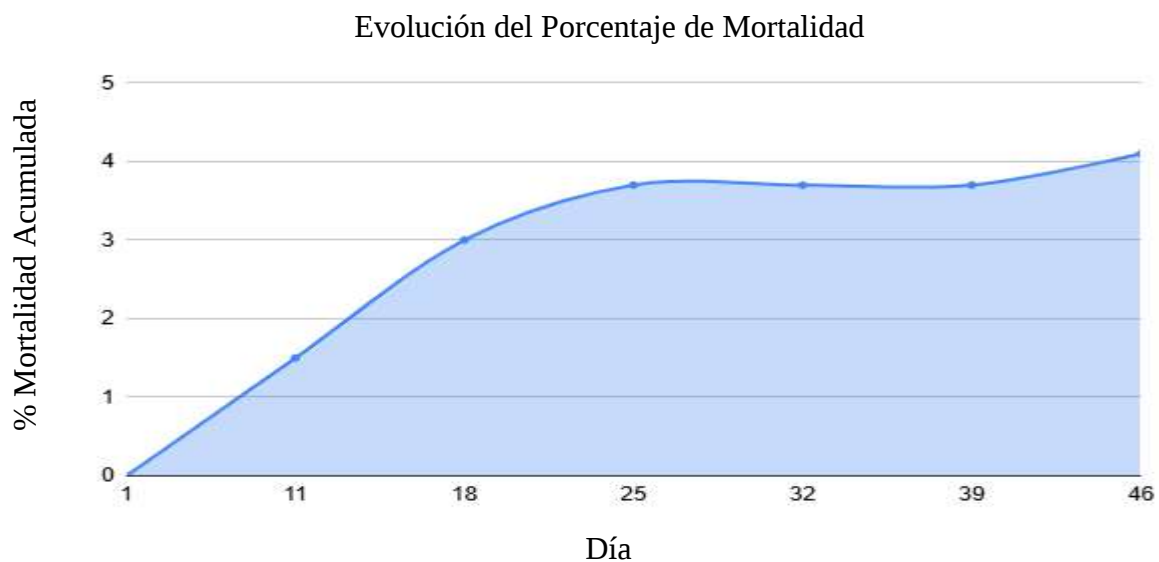


Figura 9. El comportamiento del porcentaje de mortalidad de un estanque de geomembrana cultivado en tecnología simbiótica en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología.

El porcentaje de mortalidad en la unidad piscícola presentó un promedio aproximado de 2.05%, con un mínimo de 0% y un máximo de 4.1%. El impacto de los cambios en los parámetros se evidencia en el control de pérdidas, maximizando la supervivencia y la biomasa final. La mortalidad acumulada no superó el 4.1%, demostrando un manejo adecuado y condiciones óptimas para la salud de los peces.

5.3. Fortalecimiento de los Procesos de Transferencia de Conocimiento y Tecnología

Tabla 1. Resumen de las actividades de transferencia de conocimiento y tecnología realizadas con instituciones del sector acuícola y educativo de Risaralda, Colombia

Fecha	Institución	Actividad principal de la institución	Nº de personas capacitadas	Temas impartidos
06/08/2025	Universidad Libre	Educación superior universitaria	1	•Tecnología simbiótica en acuicultura •Monitoreo de parámetros fisicoquímicos •Indicadores productivos
06/08/2025	Fundación Educativa de Risaralda (FEDUCAR)	Educación técnica y tecnológica	1	•Resultados productivos obtenidos (peso, biomasa, FCR) •Buenas prácticas en cultivo de tilapia gris
06/08/2025	Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Entidad gubernamental de inspección, vigilancia y control sanitario en el sector agropecuario	1	•Sostenibilidad y reducción de efluentes mediante tecnología simbiótica
06/08/2025	Asociación de Piscicultores y Comercializadores Agropecuarios (ASOPICAP)	Asociación de productores acuícolas del departamento de Risaralda	2	•Transferencia del modelo simbiótico a sistemas semi-intensivos e intensivos
06/08/2025	Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal (UNISARC)	Educación superior universitaria con énfasis en programas agropecuarios	2	•Aplicación práctica de probióticos y manejo integrado del estanque

Fecha	Institución	Actividad principal de la institución	Nº de personas capacitadas	Temas impartidos
15/08/2025	Fundación Educativa de Risaralda (FEDUCAR)	Educación técnica y tecnológica	13	• Jornada de cierre y sustentación de la práctica profesional • Demostración en campo del sistema simbiótico
15/08/2025	Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)	Educación superior abierta y a distancia	10	• Resultados finales del proyecto • Posibilidades de réplica en otros centros de la UNAD
15/08/2025	Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)	Formación técnica y tecnológica para el trabajo	4	• Incorporación de la tecnología simbiótica en programas de formación acuícola
TOTAL	9 instituciones		34 personas	

Las actividades de transferencia de conocimiento se desarrollaron mediante presentaciones técnicas, visitas guiadas al estanque y jornadas de campo. En ellas se explicó detalladamente el funcionamiento del sistema simbiótico, los procedimientos de monitoreo diario de parámetros fisicoquímicos, los indicadores productivos alcanzados y las buenas prácticas implementadas.

Durante julio y agosto de 2025 se capacitó exitosamente a 34 personas de nueve instituciones educativas, técnicas y gubernamentales. Esta socialización fortaleció los procesos de transferencia de conocimiento y tecnología del Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología (CIAB-UNAD) hacia asociaciones e instituciones de la región. La interacción consolidó la relación academia-sector productivo y posicionó el modelo simbiótico como referencia técnica para futuras iniciativas de acuicultura sostenible en Risaralda y el Eje Cafetero.

VI. CONCLUSIONES

El manejo productivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en estanque de geomembrana de 12.56 m³ con tecnología simbiótica, ejecutado entre julio y agosto de 2025 en el Centro de Investigación en Agricultura y Biotecnología de la UNAD, Risaralda, Colombia, cumplió plenamente los objetivos al estabilizar los parámetros fisicoquímicos del agua, alcanzar indicadores productivos óptimos y transferir el modelo a más de 34 personas del sector acuícola regional.

Los monitoreos diarios con el medidor de pH Consort C6010 y el API Freshwater Master Test Kit registraron un pH promedio de 7.48 (rango 7.0-8.2), amonio promedio de 1.51 mg/L (máximo 4.0 mg/L), nitritos promedio de 1.45 mg/L (máximo 5.0 mg/L) y nitratos promedio de 5.0 mg/L (pico de 80 mg/L). La tecnología simbiótica mantuvo todos los parámetros por debajo de los niveles tóxicos durante el ciclo, garantizando el bienestar de los peces.

Los muestreos semanales con balanza digital KERN EMB mostraron un peso promedio final de 34 g (inicio 4 g), biomasa total de 8,800 g (inicio 1,300 g), FCR promedio de 1.4 y mortalidad acumulada de 4.1 %. Estos resultados demuestran que el sistema simbiótico logró un crecimiento eficiente y una supervivencia del 95.9 % en el estanque de geomembrana.

Mediante presentaciones técnicas y jornadas de campo con registro fotográfico y actas, se socializó el proyecto a más de 34 personas, incluyendo representantes de la Cadena Acuícola de Risaralda, ICA, SENA y cinco universidades del Eje Cafetero. Esta transferencia fortaleció los procesos de conocimiento y tecnología del CIAB-UNAD hacia instituciones gubernamentales y universidades.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la incorporación de multiparámetros para el monitoreo continuo de variables fisicoquímicas, como pH, oxígeno disuelto, amonio, nitritos y nitratos. Estos equipos permiten obtener datos en tiempo real con mayor precisión y reducen el margen de error en comparación con mediciones manuales.

Se sugiere la instalación de equipos de emergencia, como generadores eléctricos o sistemas de respaldo de energía solar, para garantizar el funcionamiento ininterrumpido de aireadores, especialmente en situaciones de cortes de energía. Esto es crucial para evitar fluctuaciones en el oxígeno disuelto, que podrían generar estrés o mortalidad en los peces, asegurando así la estabilidad del sistema y la continuidad de la producción acuícola.

Se recomienda establecer un protocolo de monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos del agua, como pH, amonio, nitritos, nitratos y oxígeno disuelto, mediante mediciones diarias. Este monitoreo debe realizarse para garantizar datos precisos que permitan identificar y corregir desviaciones en tiempo real.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Accuweather. (2025). Tiempo actual en DosQuebradas, Risaralda, Colombia. *AccuWeather*. Consultado el 6 may. 2025, de <https://www.accuweather.com/es/co/dos-quebradas/111215/current-weather/111215>

Aquatic Network. (2025). *Cultivo de tilapia en tanque*, Consultado el 4 abr. 2025, en <https://www.aquanet.com/tank-culture-of-tilapia-part-4>

Arana, E; Ávila, M; Botero, O; Chappell, J; Pazos, D. (2025). *Evaluación de la producción de tilapia o. Niloticus entre densidades de siembra altas y bajas en estanques tradicionales y el iprs*. Consultado el 3 abr. 2025 en <https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/160762>

AUNAP. (2024). *DANE: Sector de pesca y acuicultura del país crece un 37 %*. Consultado 18 mar. 2025. Disponible en <https://www.aunap.gov.co/dane-sector-de-pesca-y-acuicultura-del-pais-crece-un-37/>

BarentsWatch. (2012). *Biomass*. Consultado el 4 abr. 2025, de <https://www.barentswatch.no/en/articles/biomass/>

Barría, A; Peñaloza, C; Papadopoulou, A; Mahmuddin, M; Doeschl-Wilson, A; Benzie, JAH; Houston, RD; Wiener, P. (2023). *Genetic differentiation following recent domestication events: A study of farmed Nile tilapia (Oreochromis niloticus) populations*. *Evolutionary Applications* Consultado el 4 abr. 2025 en <https://doi.org/10.1111/eva.13560>

Bioaquafloc. (2018). *¿Qué es la Tilapia?* Consultado el 24 mar. 2025, de <https://www.bioaquafloc.com/que-es-la-tilapia/>

Boyd, C; McNevin, AA. (2022). *Panorama de los alimentos para la acuicultura: impactos globales de la producción, fabricación y uso de ingredientes.* Consultado el 4 abr. 2025. de <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/feed-conversion-ratio>

Calcagnile, M; Tredici, S. M; Alifano, P. (2024). *A comprehensive review on probiotics and their use in aquaculture: Biological control, efficacy, and safety through the genomics and wet methods.* Consultado el 17 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40892>

El-Saadony, M. T; Alagawany, M; Patra, A. K; Kar, I; Tiwari, R; Dawood, M. A. O; Dhama, K; Abdel-Latif, H. M. R. (2021). *The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. Fish & Shellfish Immunology* Consultado el 18 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.07.007>

Emerenciano, M; Gaxiola, G; Cuzón, G. (2013). *(PDF) Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry.* Consultado el 18 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.5772/53902>

Evans, JJ; Pasnik, David J; Brill, Gregg C; Klesius, PH. (2006). *Un-ionized Ammonia Exposure in Nile Tilapia: Toxicity, Stress Response, and Susceptibility to Streptococcus agalactiae. North American Journal of Aquaculture* Consultado el 25 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.1577/A05-032.1>

FAO. (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020.* Consultado el 5 de abr. 2025 de <https://doi.org/10.4060/ca9229es>

FAO. (2024). *Informe de la FAO: La producción pesquera y acuícola mundial alcanza un nivel sin precedentes*. Consultado 18 mar. 2025, en <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-report-global-fisheries-and-aquaculture-production-reaches-a-new-record-high/es>

Gadhiya, A; Katariya, S; Khapandi, K; Chhatrodiya, D. (2025). *Probiotics as a sustainable alternative to antibiotics in aquaculture: a review of the current state of knowledge*. *The Microbe* Consultado el 5 de abr. 2025 de <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100426>

Google Maps. (2025). *Localización*. Consultado 6 may 2025. Disponible en <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Nacional+Abierta+y+a+Distancia+-+UNAD+Dosquebradas>

Hamed, S; El-Kassas, S; Abo-Al-Ela, HG; Abdo, SE; Abou-Ismail, UA; Mohamed, RA. (2024). *Temperature and feeding frequency: interactions with growth, immune response, and water quality in juvenile Nile tilapia*. *BMC Veterinary Research* Consusltado el 19 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04366-4>

Herrera-Toscano, JA. (2023). *Enfoques esenciales en la innovación y transferencia tecnológica en el sector agropecuario*. *Pastos y Forrajes* 46. Consultado 4 abr. 2025. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/2691/269176991011/html/>

Hoseinifar, S. H; Sun, Y. Z; Wang, A; Zhou, Z. (2018). *Probiotics as means of diseases control in aquaculture, a review of current knowledge and future perspectives*. *Frontiers in Microbiology* Consultado el 7 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02429>

Ibáñez, A; Castellanos, M; Rodríguez, A; Alvarez, S. (2017). *Influencia de la temperatura, densidad, oxígeno y alimento en la formación de marcas en las escamas de tilapia*. Consultado el 7 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.15517/RBT.V65I2.25897>

Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentable. (2018). *Acuicultura Tilapia* Consultado 25 mar. 2025. Disponible en <http://www.gob.mx/imipas/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>

Kelany, NF; Abdel-Mohsein, HS; Kotb, S; Ismail, AE-MA. (2024). *Significant impact of physicochemical water parameters in tilapia aquaculture*. *Journal of Advanced Veterinary Research* Consultado 23 de mar. 2025 de <https://advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/1926>

Li, M; Sun, L; Zhou, L; Wang, D. (2024). *Tilapia, a good model for studying reproductive endocrinology*. *General and Comparative Endocrinology* de <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2023.114395>

Luna, M. (2011). *Efluente Piscícolas: Características Contaminantes, Impactos y Perspectivas de Tratamiento*. Consultado 5 de abr 2025 <https://jci.uniautonoma.edu.co/2011/2011-2.pdf>

Makori, AJ; Abuom, PO; Kapiyo, R; Anyona, DN; Dida, GO. (2017). *Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (Oreochromis niloticus) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County*. *Fisheries and Aquatic Sciences* Consultado 4 de abr. 2025 de <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0075-7>

Martínez Cruz, P; Ibáñez, A. L; Monroy Hermosillo, O. A; Ramírez Saad, H. C. (2012). *Use of Probiotics in Aquaculture*. *ISRN Microbiology* Consultado 20 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.5402/2012/916845>

- Meyer, D. (2009). *Greenhouse covers, intensive management enhance tilapia fingerling production - Responsible Seafood Advocate* Consultado 3 abr. 2025. Disponible en <https://www.globalseafood.org/advocate/greenhouse-covers-intensive-management-enhance-tilapia-fingerling-production/>
- Mohammed, E. A. H; Ahmed, A. E. M; Kovács, B; Pál, K. (2025). *The Significance of Probiotics in Aquaculture: A Review of Research Trend and Latest Scientific Findings. Antibiotics* Consultado el 5 de mar 2025 de <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030242>
- Mustapha, MK; Atolagbe, SD. (2018). *Tolerance level of different life stages of Nile tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) to low pH and acidified waters. The Journal of Basic and Applied Zoology* Consultado de 4 abr. 2025 de <https://doi.org/10.1186/s41936-018-0061-3>
- Palma-Cancino, D. J., Martinez-Garcia, R., Álvarez-González, C. A., Contreras, R. J., Gasca-Leyva, E., Peña, E., Camarillo-Coop, S., Palma-Cancino, D. J., Martinez-Garcia, R., Álvarez-González, C. A., Contreras, R. J., Gasca-Leyva, E., Peña, E., & Camarillo-Coop, S. (2019). *Bioeconomic profitability analysis of tropical gar (Atractosteus tropicus) grow-out using two commercial feeds. Latin American Journal of Aquatic Research*, Consultado 18 de mar. 2025 de <https://doi.org/10.3856/VOL47-ISSUE3-FULLTEXT-5>
- Paredes-Trujillo, A; Mendoza-Carranza, M. (2022). *Sobre el cultivo de tilapia: relación entre enfermedades y calidad del agua. Revista Latinoamericana de Difusión Científica* <https://doi.org/10.38186/difcie.47.04>
- Pronaca. (2025). *Manejo y nutrición de la tilapia*. Consultado 25 mar. 2025. Disponible en <https://www.procampo.com.ec/index.php/blog/10-nutricion/45-manejo-y-nutricion-de-la-tilapia>

- Rahmat, H. (2024). *Desafíos del cultivo de tilapia: equilibrio entre sostenibilidad y rentabilidad*. Consultado 18 mar. 2025. Disponible en <https://fnb.tech/es/challenges-of-tilapia-cultivation-balancing/>
- Rutten, MJM; Komen, H; Deerenberg, RM; Siwek, M; Bovenhuis, H. (2004). *Genetic characterization of four strains of Nile tilapia (Oreochromis niloticus L.) using microsatellite markers*. *Animal Genetics* Consultado 5 de abr. 2025 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2004.01090.x>
- Sánchez Ortiz, IA; Bastos, RXX; Lanna, EAT. (2023). *Effects of Chronic Ammonia Exposure on Growth of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) Cultured Under Different Densities*. *North American Journal of Aquaculture* Consultado 15 de mar. de <https://doi.org/10.1002/naaq.10268>
- Sriyasak, P; Chitmanat, C; Whangchai, N; Promya, J; Lebel, L. (2015). *Effect of water de-stratification on dissolved oxygen and ammonia in tilapia ponds in Northern Thailand*. *International Aquatic Research* Consultado 26 de mar de <https://doi.org/10.1007/s40071-015-0113-y>
- Suárez Puerto, B; Araneda, M; Gullian-Klanian, M. (2025). *Bioeconomic analysis of the commercial production of Nile tilapia with biofloc and green water technologies*. *Aquaculture and Fisheries* Consultado 8 de abr 2025 de <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.07.004>
- Vázquez, AT. (2025). *Más de 400 líderes internacionales de la innovación abordan en Transfiere la agenda europea en I+D+i*. Consultado 4 abr. 2025. Disponible en <https://cadenaser.com/andalucia/2025/03/05/mas-de-400-lideres-internacionales-de-la-innovacion-abordan-en-transfiere-la-agenda-europea-en-idi-ser-malaga/>

Xie, S; Zheng, K; Chen, J; Zhang, Z; Zhu, X; Yang, Y. (2011). *Effect of water temperature on energy budget of Nile tilapia, Oreochromis niloticus: Water temperature on energy budget of Nile tilapia. Aquaculture Nutrition* Consultado 3 de abr de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00827.x>

Yokogawa. (2025). *pH in Fish Farming - Fish pH Level*. Consultado 3 abr. 2025. Disponible en <https://www.yokogawa.com/mx/library/resources/application-notes/ph-in-fish-farming/>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Registros De Los Parámetros Productivos Y Físicoquímicos

[illegible]

1) 11.4m - 10.0m
 2) 12.55m - 11.7m
 3) 13.20m - 12.75m
 4) 13.55m - 12.7m
 5) 14.8m - 13.7m
 6) 15.3m - 14.5m
 7) 16.7m - 15.1m
 8) 16.6m - 15.5m
 9) 16.9m - 16.5m
 10) 16.1m - 15.5m
 11) 17.9m - 16.4m
 12) 18.7m - 18m
 13) 19.7m - 18.5m
 14) 19.8m - 18.5m
 15) 20.2m - 19.5m
 16) 20.7m - 19.5m
 17) 21.8m - 20.5m
 18) 22.04m - 20.5m
 19) 21.5m - 20.5m

[illegible]

Fact a	hora	lunio de Pobres	Oligos (Barlo (mg))	temperatura (°C)	alt	lunio de (g/L)	OC. area (mm)
A1	8:30	AN: 60			2.5	0.04	5 50 11
	9:30	AN: 60					
A2	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0	2 5 11
	9:30	AN: 60					
A3	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0	2 10 11
	9:30	AN: 60					
A4	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	5 10 11
	9:30	AN: 60					
A5	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	2 10 11
	9:30	AN: 60					
A6	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	2 5 11
	9:30	AN: 60					
A7	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	2 10 11
	9:30	AN: 60					
A8	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	2 5 11
	9:30	AN: 60					
A9	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0	2 5 11
	9:30	AN: 60					
A10	8:30	AN: 60 AN: 60			2.5	0.05	2 5 11
	9:30	AN: 60					

Anexo 2. Preparación Y Siembra De Alevines



Anexo 3. Registros Y Sustentación De Práctica Profesional En Colombia

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MEDICINA VETERINARIA									
Sustentación Práctica UNAD					15-08-2025				
Auditoria CIP Investigadores					ECONOMIA Lino Hongo - Kelly Buitrago				
Nº	INVESTIGADOR	INSTITUCIÓN	ESTADO	FECHA	Nº	INVESTIGADOR	INSTITUCIÓN	ESTADO	FECHA
1	INVESTIGADOR Carlos Gómez	Federar	X	15-08-2025	1	INVESTIGADOR Carlos Gómez	Federar	X	15-08-2025
2	INVESTIGADOR David A. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	2	INVESTIGADOR David A. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
3	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	3	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
4	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	4	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
5	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	5	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
6	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	6	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
7	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	7	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
8	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	8	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
9	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	9	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
10	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	10	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025

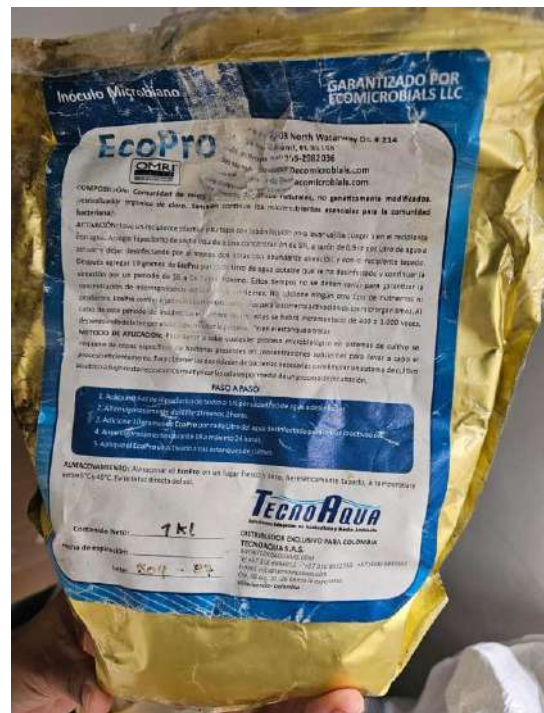
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y MEDICINA VETERINARIA									
Sustentación Práctica UNAD					15-08-2025				
Auditoria CIP Investigadores					ECONOMIA Lino Hongo - Kelly Buitrago				
Nº	INVESTIGADOR	INSTITUCIÓN	ESTADO	FECHA	Nº	INVESTIGADOR	INSTITUCIÓN	ESTADO	FECHA
1	INVESTIGADOR Carlos Gómez	Federar	X	15-08-2025	1	INVESTIGADOR Carlos Gómez	Federar	X	15-08-2025
2	INVESTIGADOR David A. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	2	INVESTIGADOR David A. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
3	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	3	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
4	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	4	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
5	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	5	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
6	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	6	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
7	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	7	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
8	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	8	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
9	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	9	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025
10	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025	10	INVESTIGADOR María C. Rodríguez	Federar	X	15-08-2025



Anexo 4. Presentación Del Proyecto A Estudiantes De La Carrera Medicina Veterinaria Y Zootecnia



Anexo 5. Preparación De Fermentos Para Implementar La Tecnología Simbiótica



Anexo 6. Materiales Y Equipos Utilizados En La Unidad Piscícola



Anexo 7. Muestreo De Semanal De Los Alevines



Anexo 8. Presentacion Del Proyecto A La Cadena Acuicola De Risaralda



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA									
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES									
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE RISARALDA									
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO									
INFORME DE AVANCE									
FECHA DEL INFORME: 6/08/2025									
PROYECTO: Escuela Agraria - Cadena Acuicola									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME DE AVANCE									
INFORME									