



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**“EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA COBERTURA PARCIAL CON
MANTA SOLAR EN ESTANQUES ACUÍCOLAS Y SU EFECTO EN LA
TEMPERATURA”.**

**SANMARTIN ARMIJOS ROBERTO CARLOS
INGENIERO ACUICOLA**

**TENORIO MERA CAROLINA ISABEL
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**“EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA COBERTURA PARCIAL
CON MANTA SOLAR EN ESTANQUES ACUÍCOLAS Y SU
EFECTO EN LA TEMPERATURA”.**

**SANMARTIN ARMIJOS ROBERTO CARLOS
INGENIERO ACUICOLA**

**TENORIO MERA CAROLINA ISABEL
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA COBERTURA
PARCIAL CON MANTA SOLAR EN ESTANQUES ACUÍCOLAS
Y SU EFECTO EN LA TEMPERATURA”.**

**SANMARTIN ARMIJOS ROBERTO CARLOS
INGENIERO ACUICOLA**

**TENORIO MERA CAROLINA ISABEL
INGENIERA ACUICOLA**

SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN

**MACHALA
2025**



draft - tesis TENORIO-SANMARTÍN

7%
Textos
sospechosos



0% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes
mencionadas
7% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: draft - tesis TENORIO-SANMARTÍN.docx
ID del documento: 1a45e8d8230a364730c7b316e7c648bd949b8b0c
Tamaño del documento original: 2,31 MB

Depositante: SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN
Fecha de depósito: 30/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 30/7/2025

Número de palabras: 9242
Número de caracteres: 58.693

Ubicación de las similitudes en el documento:

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

Los que suscriben, SANMARTIN ARMIJOS ROBERTO CARLOS y TENORIO MERA CAROLINA ISABEL, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado "EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA COBERTURA PARCIAL CON MANTA SOLAR EN ESTANQUES ACUÍCOLAS Y SU EFECTO EN LA TEMPERATURA", otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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

SANMARTIN ARMIJOS ROBERTO CARLOS

0705858827

TENORIO MERA CAROLINA ISABEL

0706906500

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación, que hoy culmina una importante etapa de mi vida académica, lo dedico con profundo amor y gratitud a las personas que han sido mi fuerza, mi inspiración y mi sostén incondicional a lo largo de este recorrido.

A mi amada hija, **Bianca Del Rocío Sanmartín Rambay**, por ser la razón más grande de mi esfuerzo diario. Su existencia ha sido mi motor, mi luz en los momentos difíciles y la fuente de motivación que me impulsó a no rendirme, incluso cuando el camino se tornaba desafiante. Todo lo que he logrado y lo que aún me propongo alcanzar es con el firme propósito de brindarle un mejor futuro y ser su ejemplo de perseverancia.

A mis queridos padres, **Luz Victoria Armijos Martínez y Ángel Benigno Guanuche Aguilar**, por su apoyo constante, por confiar en mí incluso cuando yo dudaba, por sus palabras de aliento y, sobre todo, por enseñarme a luchar con honestidad, esfuerzo y humildad. Gracias por darme las herramientas emocionales y los valores que hoy me permiten alcanzar esta meta.

A mis entrañables abuelos, **Cruz Alberto Armijos Cuestas y Julia Martínez Pineda**, que con su cariño, sabiduría y consejos me han guiado en silencio desde siempre. Su legado de trabajo, respeto y amor por la familia ha sido fundamental en mi formación como persona y como profesional.

Extiendo también esta dedicatoria a amigos muy especiales que estuvieron presentes desde el inicio de esta carrera, alentándome y brindándome su ayuda desinteresada: **Don Hervin Castillo**, por su sabio consejo y apoyo moral; **Jorge Macanchi**, por su compañerismo incondicional en los momentos clave; y a la **Ing. Brigitte Castillo**, por su constante apoyo, su guía académica y su motivación durante los momentos más exigentes de esta etapa.

A todos ustedes, gracias por acompañarme con afecto, por impulsarme a seguir cuando más lo necesité, y por ser parte esencial de este logro. Este trabajo no solo representa un título académico, sino también el reflejo de la entrega, el sacrificio y el amor que he recibido de cada uno de ustedes.

Con todo mi corazón, gracias por formar parte de este sueño hecho realidad.

Roberto Carlos Sanmartín Armijos

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, fuente de vida, fortaleza y sabiduría, cuyo amparo fue esencial en los momentos críticos del proceso investigativo, cuando el agotamiento amenazaba con vencer la voluntad. También a la Virgencita del Cisne, por cubrirme siempre con su manto bendito, como una madre amorosa y protectora, y por escuchar mis súplicas en los tramos más difíciles del camino.

A mi padre, **Pedro**, ejemplo de esfuerzo inquebrantable y resiliencia, por su amor constante y su respaldo incondicional, pilar fundamental a lo largo de mi formación académica. A la memoria de mi madre, **Genita**, cuya presencia trasciende lo físico y permanece viva en cada decisión, en cada meta alcanzada. Tus enseñanzas, impregnadas de amor y sabiduría, continúan guiando mi camino. Este trabajo académico también es reflejo de tu legado.

A mi esposo, **Edgar**, compañero incansable en este trayecto de exigencias, renunciadas y metas alcanzadas. Gracias por tu apoyo emocional, por sostenerme con fe y serenidad cuando mis propias fuerzas flaqueaban. Tu confianza en mis capacidades, tus palabras oportunas y tu presencia constante han sido mi refugio y mi mayor fuerza en los momentos más desafiantes. Gracias por caminar a mi lado, hoy y siempre.

A mis hermanos y hermanas; **Nathaly, Alexandra, David y Pedro**, por conformar una red afectiva sólida y permanente. Su respaldo emocional, ejemplo de perseverancia y afecto incondicional han sido fuerzas silenciosas pero decisivas que sostuvieron cada etapa de este camino. En especial a **mi hermana Nathaly**, por ser mi ancla emocional, por acompañarme incansablemente, brindarme aliento en los momentos más desafiantes y por su amor constante que, sin duda, marcó una diferencia fundamental en la culminación de este logro.

A mis adoradas sobrinas y sobrino; **Karla, Sheryl, Geraldine, Aylin, Greysheila, Milena y Sebastián**, que con su ternura, alegría e inocencia iluminaron mis días y me recordaron que cada esfuerzo tiene sentido cuando se hace con amor.

A mi tía **Diana**, por ser mucho más que una tía en mi vida; por brindarme su amor incondicional, su guía constante y su apoyo en cada etapa de este camino. Gracias por ser una figura maternal incansable, por estar presente en mis días buenos y en los difíciles.

Esta tesis está dedicada a ustedes, porque cada logro que alcanzo es también fruto del amor, la compañía y el apoyo incondicional de mi familia.

Carolina Isabel Tenorio Mera

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la **Universidad Técnica de Machala** por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente y por el respaldo institucional durante la ejecución de este trabajo de titulación.

Agradecemos a la **Empresa Pública EP** por su valiosa colaboración al proporcionarnos el recurso hídrico necesario para el llenado del estanque experimental, aspecto fundamental para el desarrollo de nuestra investigación.

Nuestro especial reconocimiento al **PhD. Roberto Santacruz Reyes**, tutor de este proyecto, por su constante orientación, compromiso académico y apoyo durante el proceso de redacción y desarrollo de la tesis.

Extendemos también nuestro agradecimiento a nuestros especialistas, el **Blgo. Milton Cun Jaramillo** y el **Ing. César Valarezo Macías**, por su permanente disposición, asesoramiento técnico y acompañamiento en cada etapa del trabajo.

De manera muy especial, agradecemos al **Ing. Geovanny Godoy**, por su apoyo incondicional en el llenado del estanque durante toda la fase experimental, demostrando una colaboración clave para la culminación exitosa de este estudio.

Agradecemos igualmente a la **Ing. Ivanna Tuz**, por su orientación oportuna y por facilitarnos el acceso al laboratorio de Sanidad Vegetal, lo que permitió realizar análisis complementarios esenciales para esta investigación.

Nuestro reconocimiento también al **Dr. Patricio Rentería Minuche**, docente de Titulación II, por las enseñanzas impartidas y por su acompañamiento académico en esta etapa final de nuestra carrera.

Finalmente, extendemos nuestro más profundo agradecimiento a **todos nuestros profesores**, quienes, a lo largo de nuestra formación, compartieron sus conocimientos, experiencias y valores, contribuyendo significativamente a nuestro crecimiento profesional y personal.

A todos quienes hicieron posible este logro, ¡gracias infinitas!

Roberto Carlos Sanmartín Armijos – Carolina Isabel Tenorio Mera

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de coberturas parciales con manta solar (MS) sobre la temperatura del agua en estanques acuícolas, así como su influencia en parámetros clave de calidad del agua como el oxígeno disuelto (OD), el pH y la productividad primaria. El experimento se desarrolló en un estanque de cultivo con tres niveles de cobertura (25 %, 50 % y 75 %), comparados con un sector sin cobertura. Se realizaron mediciones térmicas en diferentes profundidades y horarios, así como análisis de laboratorio para cuantificar la densidad de fitoplancton.

Los resultados mostraron que la manta solar favoreció la retención del calor durante la noche, especialmente con coberturas del 50 % y 75 %. Además, se observó una disminución en la pérdida térmica y una mayor estabilidad en la columna de agua. En cuanto a la productividad primaria, se registró una mayor concentración de microalgas en el tratamiento con 25 % de cobertura, mientras que coberturas más densas redujeron la penetración lumínica y afectaron la fotosíntesis. Los niveles de OD y pH se mantuvieron dentro de rangos adecuados para la acuicultura, destacando la función estabilizadora de la manta solar.

En conjunto, los resultados indican que la manta solar representa una estrategia económica, viable y ambientalmente sostenible para mejorar las condiciones físico-químicas en estanques acuícolas, siendo especialmente útil durante las fases iniciales del cultivo o en épocas de bajas temperaturas.

Palabras clave: manta solar, temperatura del agua, acuicultura, oxígeno disuelto, fitoplancton, pH, cobertura parcial.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of partial solar blanket (SB) coverage on water temperature in aquaculture ponds, as well as its influence on key water quality parameters such as dissolved oxygen (DO), pH, and primary productivity. The experiment was conducted in a culture pond with three coverage levels (25 %, 50 %, and 75 %), compared to an uncovered control sector. Temperature measurements were taken at different depths and times of day, and laboratory analyses were conducted to quantify phytoplankton density.

The results showed that the solar blanket improved heat retention during the night, especially with coverage levels of 50% and 75%. Furthermore, a decrease in heat loss and greater stability in the water column were observed. Regarding primary productivity, a higher concentration of microalgae was recorded in the 25% coverage treatment, while denser coverage reduced light penetration and impaired photosynthesis. DO and pH levels remained within ranges suitable for aquaculture, highlighting the stabilizing role of the solar blanket.

Overall, the findings suggest that the solar blanket is a viable, low-cost, and environmentally sustainable strategy for improving water quality in aquaculture ponds, especially during early culture stages or colder periods.

Keywords: solar blanket, water temperature, aquaculture, dissolved oxygen, phytoplankton, pH, partial coverage.

CONTENIDO

<u>REPORTE DE SIMILITUD URKUND/TURNITIN</u>	¡Error! Marcador no definido.
<u>CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL</u>	¡Error! Marcador no definido.
<u>REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL</u>	¡Error! Marcador no definido.
<u>DEDICATORIA</u>	4
<u>AGRADECIMIENTO</u>	6
<u>RESUMEN</u>	7
<u>ABSTRACT</u>	8
<u>INTRODUCCIÓN</u>	15
<u>OBJETIVOS</u>	19
<u>Objetivo General:</u>	19
<u>Objetivos Específicos:</u>	19
<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	20
<u>Equipos y Materiales</u>	20
<i><u>Equipos</u></i>	20
<i><u>Materiales</u></i>	20
<i><u>Materiales de oficina</u></i>	20
<u>Metodología</u>	21
<i><u>Metodología de campo</u></i>	21
<u>Manta solar</u>	21
<i><u>Tiempo de evaluación</u></i>	24
<i><u>Metodología de laboratorio</u></i>	25
<i><u>Análisis de datos / estadística</u></i>	25
<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
<u>Cobertura Del 25% Con Manta Solar</u>	26
<i><u>Temperatura en la columna de agua</u></i>	26
<i><u>Oxígeno Disuelto (OD) en la columna del agua</u></i>	27
<i><u>pH en la columna del agua</u></i>	29
<i><u>Conteo de microalgas</u></i>	30

<u>Cobertura Del 50% Con Manta Solar</u>	31
<i><u>Temperatura en la columna de agua</u></i>	31
<i><u>Oxígeno Disuelto en la columna del agua</u></i>	33
<i><u>pH en la columna del agua</u></i>	35
<i><u>Conteo de Microalgas</u></i>	35
<u>Cobertura Del 75% Con Manta Solar</u>	36
<i><u>Temperatura en la columna de agua</u></i>	36
<i><u>Oxígeno Disuelto en la columna del agua</u></i>	38
<i><u>pH en la columna del agua</u></i>	40
<i><u>Conteo de Microalgas</u></i>	40
<i><u>Diferencia térmica entre temperatura ambiente y del agua</u></i>	41
<u>DISCUSIÓN</u>	48
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	51
<i><u>Conclusiones</u></i>	51
<i><u>Recomendaciones</u></i>	52
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	53
<u>ANEXOS</u>	57

INDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1 Manta solar individual</u>	22
<u>Figura 2 Porcentajes de colocación de la manta solar (25%, 50% y 75%)</u>	23
<u>Figura 3 Temperatura en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 25%)</u>	26
<u>Figura 4 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)</u>	26
<u>Figura 5 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 25%)</u>	27
<u>Figura 6 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)</u>	27
<u>Figura 7 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 25%)</u>	28
<u>Figura 8 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)</u>	28
<u>Figura 9 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 25%)</u>	29
<u>Figura 10 Concentración de O.D. en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)</u>	29
<u>Figura 11 pH del agua (cobertura del 25%)</u>	30
<u>Figura 12 Concentración de microalgas (cobertura del 25%)</u>	30
<u>Figura 13 Temperatura en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 50%)</u>	31
<u>Figura 14 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)</u>	31
<u>Figura 15 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 50%)</u>	32
<u>Figura 16 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)</u>	32
<u>Figura 17 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 50%)</u>	33
<u>Figura 18 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)</u>	34
<u>Figura 19 Concentración de O.D. en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)</u>	34
<u>Figura 20 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 50%)</u>	35
<u>Figura 21 pH del agua (cobertura del 50%)</u>	35
<u>Figura 22 Concentración de microalgas (cobertura del 50%)</u>	36

<u>Figura 23 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)</u>	37
<u>Figura 24 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 75%)</u>	37
<u>Figura 25 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)</u>	38
<u>Figura 26 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 75%)</u>	38
<u>Figura 27 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)</u>	39
<u>Figura 28 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 75%)</u>	39
<u>Figura 29 pH del agua (cobertura del 75%)</u>	40
<u>Figura 30 Concentración de microalgas (cobertura del 75%)</u>	41

INDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1 Dimensión del estanque acuícola.....</u>	<u>21</u>
<i>Tabla 2 Diferencia térmica entre temperatura ambiente y del agua.....</i>	<i>41</i>

INDICE DE FORMULAS

<u>Formula 1 Área de manta solar</u>	<u>21</u>
<u>Formula 2 Para estimar la cantidad de mantas solares necesarias en cada porcentaje de cobertura</u>	<u>22</u>
<u>Formula 3 Estimación de la longitud de manguera para c/ms.....</u>	<u>23</u>

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población mundial ha generado un aumento en la demanda de alimentos, lo que ha impulsado tendencias globales hacia el desarrollo de sistemas alimentarios más eficientes y sostenibles. En el ámbito acuícola, estos sistemas deben minimizar su impacto ambiental para garantizar la sostenibilidad del sector (García, 2022).

En Ecuador, la acuicultura ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, consolidándose como una actividad económica clave, especialmente en las zonas costeras del país. No obstante, este sector enfrenta importantes desafíos, como la contaminación de cuerpos de agua, la proliferación de enfermedades y la creciente variabilidad climática, factores que representan serias limitaciones para la sostenibilidad de la producción acuícola (Wurmann et al., 2022).

Debido a su posición geográfica sobre la línea ecuatorial, el clima en Ecuador está determinado por dos estaciones: cálida y fría, también conocidas como verano e invierno. La estación seca o verano, que abarca de mayo a octubre, presenta temperaturas moderadas y baja pluviosidad; mientras que la estación lluviosa o invierno, de noviembre a abril, se caracteriza por una mayor incidencia de precipitaciones y temperaturas elevadas (Flores & Arias, 2024). En términos térmicos, las zonas de baja altitud se caracterizan por mantener temperaturas cálidas de manera constante a lo largo del año. Un ejemplo de ello es la región costera del Pacífico ecuatoriano, donde la temperatura media anual alcanza los 26°C aproximadamente (Montilla et al., 2024).

En este contexto, la temperatura del agua juega un papel fundamental en la acuicultura, especialmente en el cultivo de especies como el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), que representa más del 95 % de la producción acuícola nacional (Sánchez, 2022). Durante la temporada seca, la reducción de la temperatura afecta negativamente el metabolismo de los organismos, incrementa la incidencia de enfermedades y genera complicaciones comerciales debido a la variabilidad en la oferta y los precios.

Además, los peces y crustáceos cultivados en estanques son organismos poiquiloterms, lo que significa que su temperatura corporal y sus funciones

fisiológicas dependen directamente de la temperatura del entorno acuático. Por ello, los descensos térmicos pueden afectar negativamente su fecundidad, ralentizar el crecimiento e incluso provocar mortalidad (Sosa et al., 2020b). Esto convierte al control térmico en un componente esencial en los sistemas de producción acuícola, especialmente en organismos como peces y camarones (Mugwanya et al., 2022). Por ejemplo, el camarón blanco muestra diferentes respuestas fisiológicas según la etapa de desarrollo y las condiciones térmicas. Durante su etapa larval, presenta poca actividad a 20 °C, mientras que a 35 °C incrementa su consumo de alimento. Sin embargo, temperaturas superiores a 35 °C pueden provocar hipoxia y aumentar la mortalidad debido a la proliferación de bacterias patógenas (Castillo & Velásquez, 2021).

La calidad del agua en los sistemas acuícolas, determinada por sus parámetros fisicoquímicos y biológicos, constituye un factor crítico para garantizar el bienestar, crecimiento y supervivencia de los organismos cultivados. Cualquier alteración en estos parámetros puede convertirse en una limitante significativa para la eficiencia productiva del sistema (Delgado-Santillán et al., 2025). Los principales parámetros que determinan la calidad del agua en sistemas acuícolas incluyen la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH, ya que influyen directamente en la salud y el desarrollo de los organismos y deben mantenerse dentro de ciertos límites.

En este sentido, la temperatura incide directamente en funciones fisiológicas como el metabolismo, el consumo de alimento, la eficiencia en su conversión, la inmunidad y la tasa de crecimiento. Los organismos acuáticos pueden sufrir situaciones de estrés cuando las condiciones ambientales de su hábitat no son favorables, provocando descensos en la alimentación y aumentando la susceptibilidad a enfermedades (Rodríguez et al., 2024).

La temperatura también afecta la calidad del agua al influir en la concentración de oxígeno disuelto (OD), el pH y el amoníaco. A temperaturas elevadas, la solubilidad del oxígeno disminuye, lo que puede conducir a hipoxia y aumentar la incidencia de enfermedades y parásitos (Guevara et al., 2022). El OD depende tanto de la temperatura como de la calidad del agua, y está vinculado de manera inversa con la temperatura: a mayor temperatura, menor concentración de oxígeno disuelto (Lindholm-Lehto, 2023).

De manera similar, la relación entre temperatura y pH determina la toxicidad del amoníaco, ya que a pH elevados predomina el amoníaco no ionizado (NH_3), que es altamente tóxico (Alvarado & Aguilar, 2009; Chuang et al., 2023). Esta forma, por su bajo peso molecular y alta difusibilidad, atraviesa fácilmente las membranas celulares y representa un riesgo fisiológico significativo para los peces (Forneck et al., 2023).

Asimismo, la productividad primaria es un parámetro clave para evaluar el estado ecológico de los sistemas acuáticos, ya que refleja su capacidad para generar biomasa mediante la fotosíntesis de organismos autótrofos, principalmente el fitoplancton (Amrillah, 2024). Un aumento moderado en la temperatura favorece el crecimiento del fitoplancton, pero niveles excesivos pueden limitar su eficiencia fotosintética debido al estrés térmico (Kuffo et al., 2024).

La radiación solar desempeña un papel fundamental en el calentamiento térmico de los estanques. Durante la temporada seca, la mayor cobertura nubosa reduce la radiación solar disponible, afectando tanto el incremento de temperatura del agua como la productividad primaria del sistema (Vega et al., 2024).

En regiones mediterráneas, se ha documentado que las variaciones térmicas afectan tanto la fisiología de los peces como la proliferación de patógenos, incrementando las pérdidas productivas (Cascarano et al., 2021). Tecnologías como el sombreado solar han mostrado ser eficaces al reducir las fluctuaciones térmicas y mejorar la estabilidad del entorno acuático, con beneficios para la calidad del agua y el crecimiento de los organismos cultivados (Benjamins et al., 2024; Chang et al., 2023).

Los invernaderos acuícolas, definidos como sistemas cerrados o semicerrados cubiertos con láminas de polietileno transparente, permiten el ingreso de radiación solar durante el día, generando un efecto invernadero que eleva la temperatura del aire y del agua. Se ha reportado que estas estructuras pueden aumentar la temperatura entre 3 y 9 °C, dependiendo del diseño, la ubicación y las condiciones climáticas (Das et al., 2023; Papadopoulos et al., 2024; Kumar et al., 2024). Asimismo, las mantas térmicas flotantes elaboradas con materiales de alta calidad pueden conservar temperaturas superiores a la del ambiente en cuerpos de agua de menor volumen, siendo especialmente útiles durante la temporada fría (Wisely et al., 1982b). Aunque eficaces, presentan limitaciones como la reducción del intercambio gaseoso

y la necesidad de ser colocadas y retiradas diariamente para evitar obstaculizar el calentamiento solar (Figueredo et al., 2020).

Una alternativa adicional es el uso de captadores solares flotantes, que permiten almacenar calor directamente en el cuerpo de agua, disminuyendo la pérdida térmica nocturna y evitando descensos bruscos de temperatura (Gutierrez et al., 2020; Wang et al., 2022). Este enfoque resulta particularmente relevante en Ecuador, donde las variaciones térmicas estacionales pueden afectar el metabolismo de los organismos y provocar pérdidas productivas. La acuicultura, además de ser una fuente de alimentos, genera empleos directos e indirectos en el país. Por tanto, el desarrollo de soluciones térmicas de bajo costo resulta estratégico para mejorar la productividad del sector (Tumwesigye, 2023).

Este estudio propone el uso de mantas solares parciales como alternativa económica y sostenible frente a los invernaderos tradicionales. Su implementación durante los primeros 30 días del ciclo de cultivo permite retener el calor diurno y reducir las pérdidas nocturnas, mejorando el desarrollo de los organismos antes de su traslado a estanques de engorde.

Además, este enfoque permite analizar los principios de transferencia térmica en cuerpos de agua y evaluar los beneficios de las mantas solares en términos de eficiencia energética y sostenibilidad de los sistemas acuícolas.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el efecto de la incorporación parcial de la manta solar (MS) sobre la temperatura del agua de estanques acuícolas.

Objetivos Específicos:

- Determinar el beneficio térmico que genera la incorporación de la manta solar (MS) en diferentes porcentajes de cobertura (25%, 50% y 75%), midiendo las variaciones de temperatura en el agua en respuesta a dicha incorporación.
- Cuantificar el incremento de la temperatura del agua al utilizar una manta solar (MS) y su efecto en la productividad primaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos y Materiales

Equipos

- Medidor de oxígeno disuelto marca Rcyago modelo DO-9100
- Medidor de pH digital marca LPPCOLTD modelo PH009
- Microscopio marca Euromex modelo bScope E-Plan
- Cámara de Neubauer marca Electron Microscopy Sciences (EMS) modelo #68052-14

Materiales

- Estanque para cultivo acuícola de 33m de largo x19m de ancho
- Rollos de manguera negra de polietileno de ½ pulgada
- Rollos de plástico transparente de polietileno
- Rollo de Piola de polipropileno marca plastiempaques
- Cinta métrica agrimensur
- Pegamento (cemento de contacto africano) marca Adheplast

Materiales de oficina

- Libreta de Apuntes
- Teléfono celular
- Computadora

Metodología

Metodología de campo

El proyecto se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, "Estación CAPA" con coordenadas **-3.292508, -79.913369**. Se realizó en un estanque acuícola proporcionado por la institución, dicho estanque consta de las siguientes medidas, como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Dimensión del estanque acuícola.

LARGO	33m
ANCHO	19m
PROFUNDIDAD	1m
VOLUMEN DE AGUA	627m ³
ESPEJO DE AGUA	464m ²

Manta solar

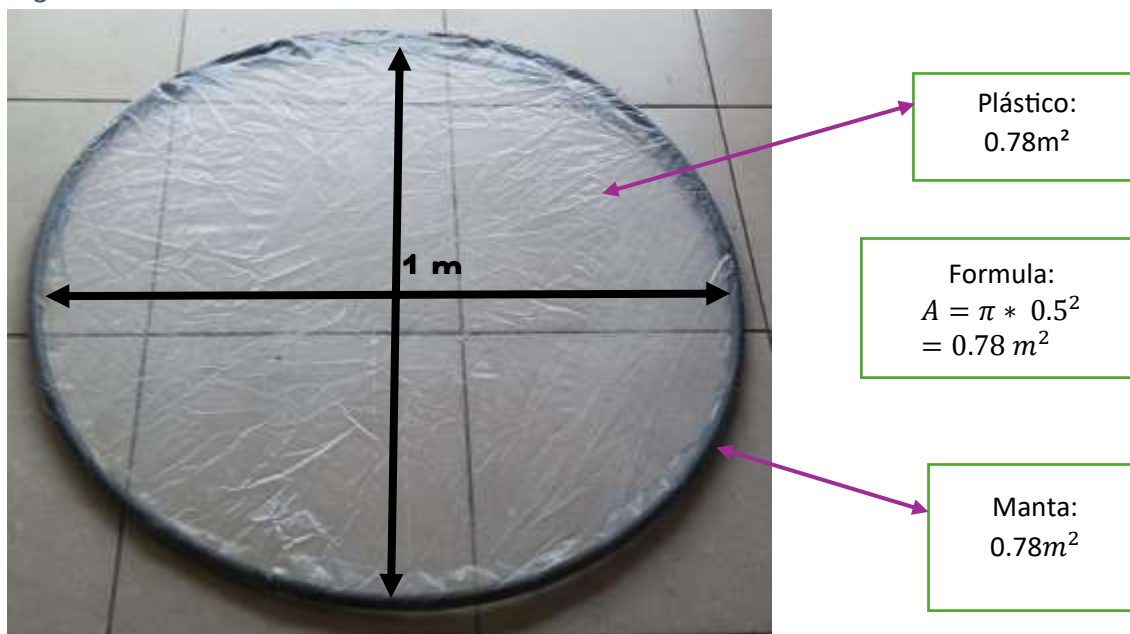
En el estanque de estudio se incorporó (MS) a 25%, 50% y 75% de cobertura. Para la elaboración de las mismas con respecto a cada porcentaje de cobertura superficial, se partió del cálculo sobre la base del área total del espejo de agua del estanque, el cual fue de 464 m², para alcanzar una cobertura del 25 %, se requería cubrir un área de 116 m². Inicialmente, se proyectó que cada manta solar cubriría 1 m, tal como se ilustra en la (**Figura 1**). sin embargo, debido a su forma circular, se procedió a determinar su área real utilizando la fórmula, según lo determinado en la (**Formula 1**). Asumiendo un diámetro de 0,50 m, el área efectiva de cada manta solar resultó ser de aproximadamente 0,78m².

Formula 1 Área de manta solar

$$\text{Formula: } A = \pi \times r^2$$

Fuente: (Aymemi et al., 2025)

Figura 1 Manta solar individual



Con base en este valor, se calculó el número total de (MS) necesarias para cubrir el 25 % 50% y 75% del estanque, obteniéndose un requerimiento de 148 unidades por cada porcentaje, conforme se ilustra en la **(Figura 2)**. Para esto se realizó un cálculo matemático como es una regla de tres, como se menciona en la **(Formula 2)**.

Formula 2 Para estimar la cantidad de mantas solares necesarias en cada porcentaje de cobertura

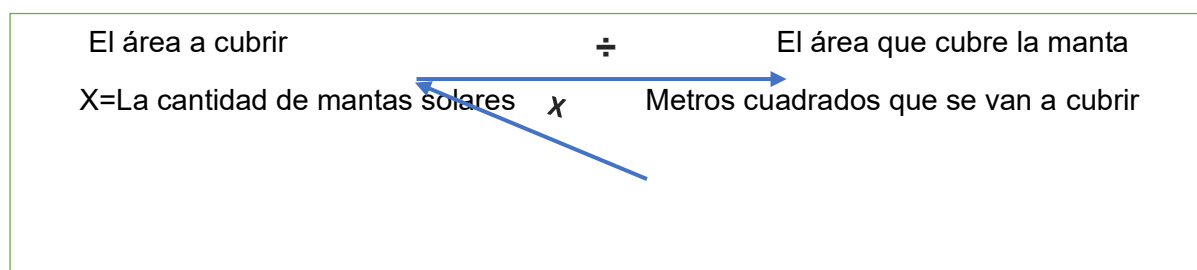
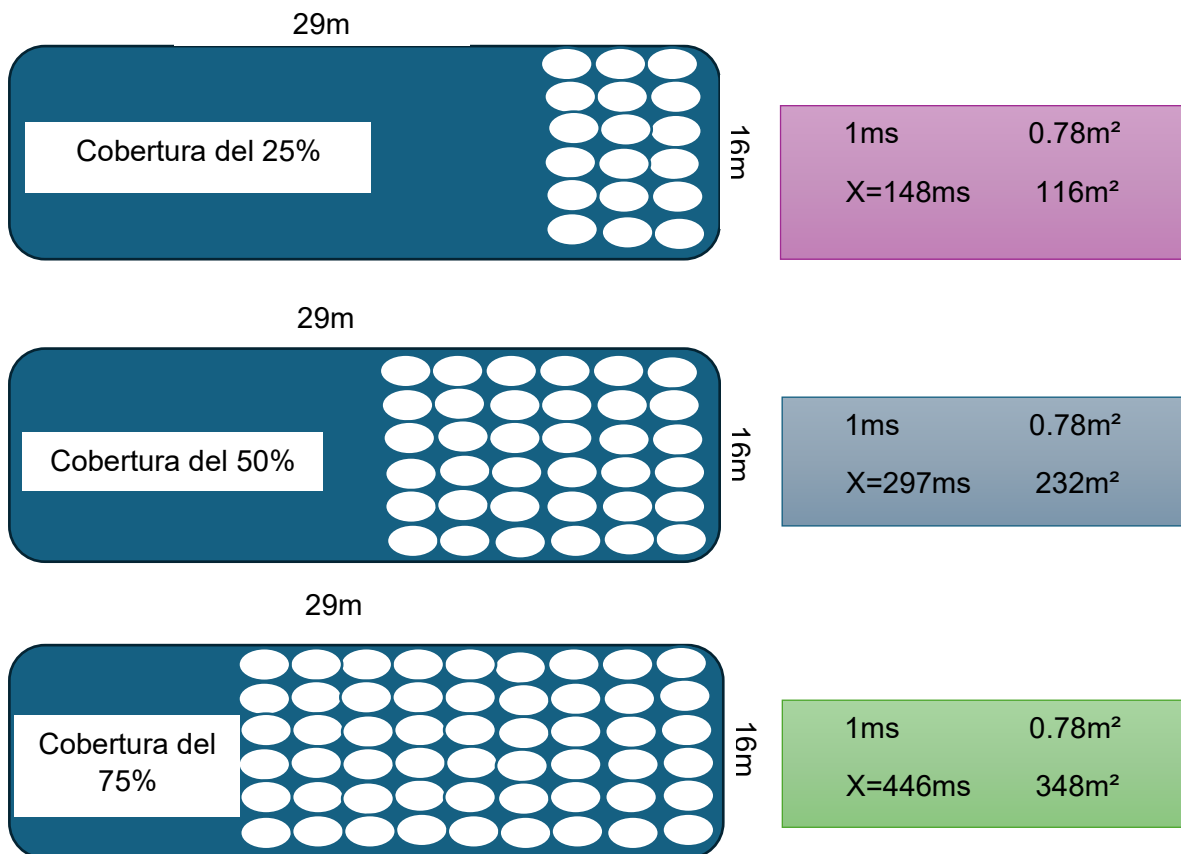


Figura 2 Porcentajes de colocación de la manta solar (25%, 50% y 75%)



Para la elaboración de las (MS) se utilizaron materiales de bajo costo y fácil disponibilidad, utilizando manguera de polietileno negro y dos tipos de plástico transparente como recubrimiento externo.

Para ello, se procedió al corte de manguera de polietileno negro en tramos de 3,17 metros de longitud, según lo determinado en la (**Formula 3**), con el objetivo de garantizar una adecuada configuración circular y contribuir a la flotabilidad del sistema. Las uniones entre los segmentos de manguera fueron termosellados para evitar el ingreso de agua que comprometan su capacidad de flotación. Como cubierta superior se emplearon dos tipos de plásticos transparentes, uno de mayor densidad y otro de polietileno de baja densidad.

Formula 3 Estimación de la longitud de manguera para c/ms

$$\text{Formula: } P = 2\pi \times r^2$$

Fuente: (Aymemi et al., 2025)

El recubrimiento de polietileno de baja densidad fue dispuesto en doble capa enrollada alrededor de los anillos conformados por los tramos de manguera, colocándose en distintas orientaciones estratégicas para optimizar la captación y transferencia de la radiación solar. Para la fijación del recubrimiento de mayor densidad, se utilizó un adhesivo industrial (cemento de contacto), que proporciona una unión mecánica firme y garantiza la cohesión estructural del sistema.

Para mantener las mantas en una posición estable y evitar su desplazamiento por acción del viento o del movimiento del agua, se conectaron entre sí mediante cordeles (piolas) resistentes. Adicionalmente, se instalaron anclajes laterales fijando piolas a estacas de madera enterradas a una profundidad aproximada de 30 cm en las orillas del estanque, con el propósito de otorgar estabilidad estructural al sistema de mantas y prevenir su dispersión.

Tiempo de evaluación

El período de evaluación para cada nivel de cobertura fue de dos semanas. Durante cada fase de evaluación, se procedió a la medición de parámetros fisicoquímicos del agua, específicamente: temperatura, concentración de oxígeno disuelto y pH, tanto en zonas con y sin (MS), considerando diferentes puntos de muestreo, a dos profundidades: 10cm bajo la superficie y en el fondo del estanque.

Estas variables fueron registradas en cuatro horarios establecidos: dos en el transcurso del día (08:00 y 16:00 horas) y dos durante la noche (20:00 y 23:00 horas), garantizando así un monitoreo integral de la dinámica térmica y de calidad del agua bajo las condiciones de cobertura solar ensayadas.

Al finalizar cada fase experimental, se realizó una inspección técnica de las (MS) utilizadas en la etapa previa, a fin de determinar la necesidad de mantenimiento o reparación.

Metodología de laboratorio

En el laboratorio se evaluó la productividad primaria del agua proveniente del estanque acuícola, correspondiente a cada uno de los tratamientos con coberturas parciales de (MS) (25%, 50% y 75%). Para ello, se recolectaron muestras de agua de diferentes puntos del estanque, luego se hizo una mezcla y se tomó una submuestra, esto se lo hizo en cada uno de los tratamientos. Estas submuestras fueron analizadas mediante cuantificación de microalgas utilizando la cámara de Neubauer bajo microscopía óptica.

Durante el periodo de evaluación se realizaron dos análisis por cada porcentaje de cobertura, lo que permitió obtener datos consistentes y representativos sobre la densidad fitoplanctónica como indicador de la productividad primaria, en función del grado de cobertura aplicada.

Análisis de datos / estadística

Para el tratamiento de los datos obtenidos, se aplicó estadística descriptiva, mediante la elaboración de tablas y representaciones gráficas, con el objetivo de visualizar y comparar el efecto de las distintas coberturas de (MS) (25%, 50% y 75%) sobre la temperatura del agua. Esto permitió evidenciar las variaciones térmicas inducidas por cada nivel de cobertura, facilitando así la interpretación del impacto térmico asociado al uso de la manta solar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura Del 25% Con Manta Solar

Temperatura en la columna de agua

En el fondo de la columna de agua del estanque cubierto con (MS), las temperaturas durante el día fluctuaron entre un mínimo de 28,34 °C y un máximo de 30,20 °C, como se observa en la **Figura 3**. Por otro lado, en el estanque sin cobertura, las temperaturas registradas en el fondo oscilaron entre 28,39 °C y 30,11 °C, según se muestra en la **Figura 4**. Estos datos indican que, bajo cobertura con (MS), la temperatura máxima fue 0,09 °C superior a la del estanque descubierto. No obstante, el valor mínimo fue 0,05 °C más bajo en la zona con (MS) en comparación con la descubierta.

Figura 3 Temperatura en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 25%)

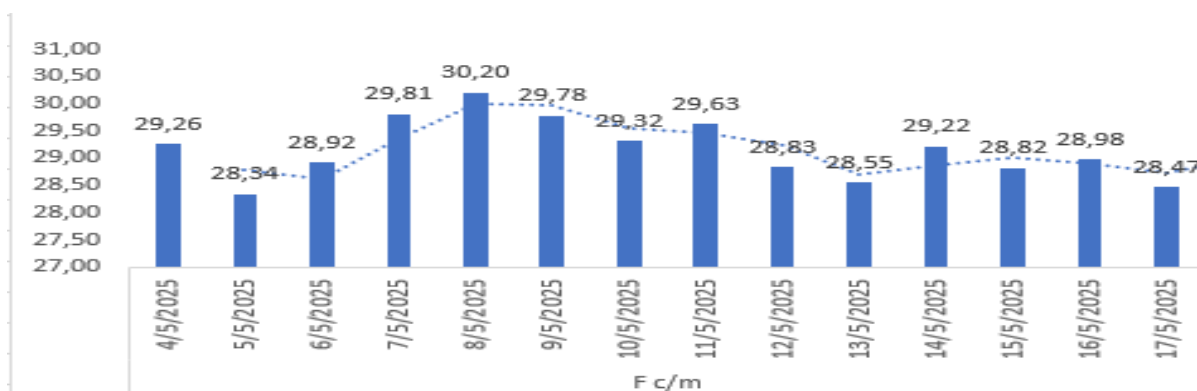
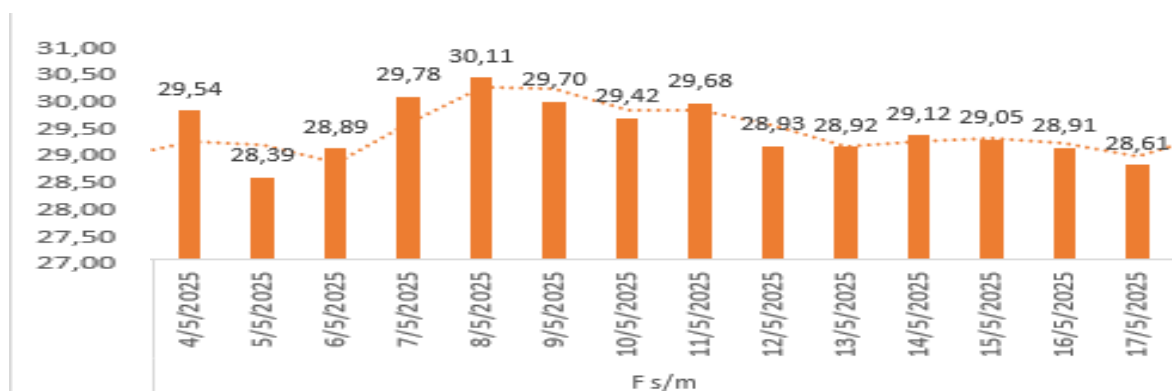


Figura 4 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)

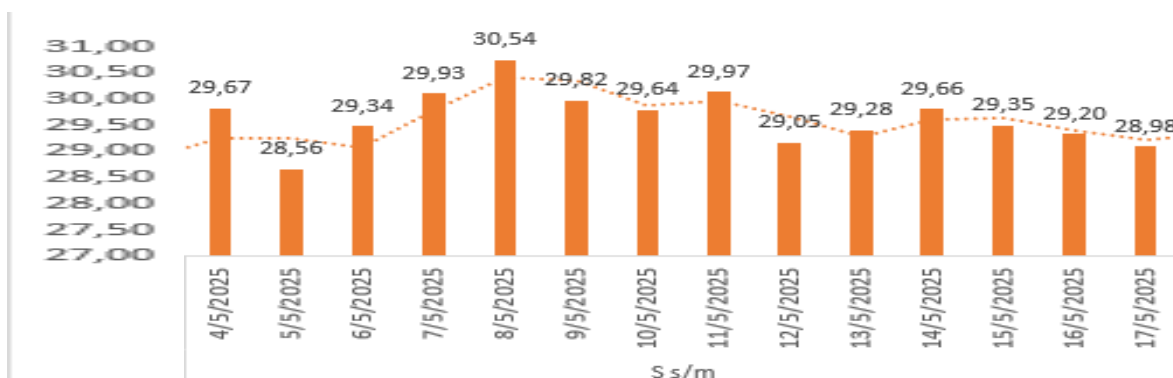


En la superficie del estanque cubierto con (MS), las temperaturas registradas oscilaron entre un mínimo de 28,59 °C y un máximo de 30,58 °C, como se presenta en la **Figura 5**. En comparación, la superficie del estanque sin cobertura mostró valores ligeramente inferiores, con un mínimo de 28,56 °C y un máximo de 30,54 °C, según la **Figura 6**. Estos resultados evidencian que la (MS) produjo un incremento térmico de 0,04 °C en la temperatura máxima y de 0,03 °C en la mínima, en relación con el estanque sin cobertura.

Figura 5 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 25%)



Figura 6 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)



Oxígeno Disuelto (OD) en la columna del agua

En cuanto al (OD) en el fondo de la columna de agua, los valores en el estanque cubierto con (MS) variaron entre 1,72 mg/L y 5,98 mg/L, como se presenta en la **Figura 7**. En contraste, en el estanque sin cobertura, se registró un valor mínimo inferior de 1,28 mg/L y un valor máximo superior de 6,52 mg/L, según la **Figura 8**. Estos resultados indican que, aunque el valor máximo de (OD) fue 0,54 mg/L más alto en el estanque sin (MS), la cobertura con (MS) permitió mantener un valor

mínimo más elevado, con una diferencia de 0,44 mg/L respecto al estanque descubierto, lo cual podría favorecer la estabilidad del ambiente acuático en condiciones críticas.

Figura 7 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 25%)

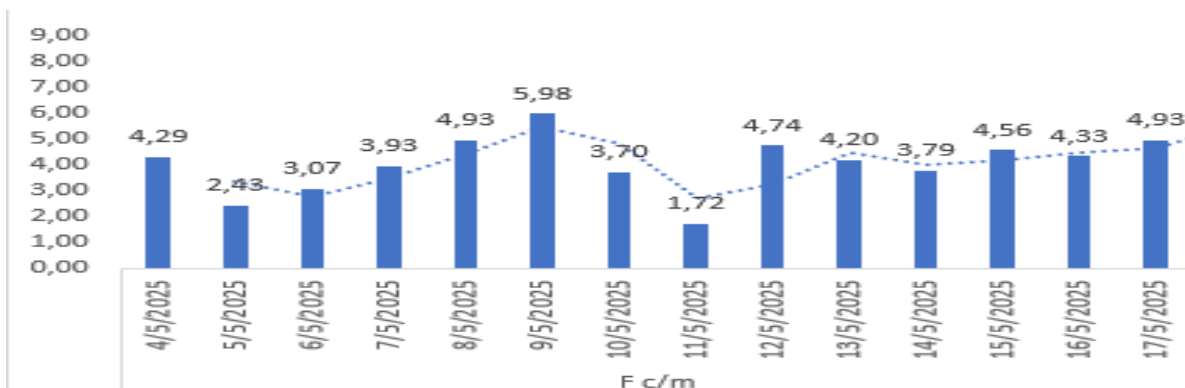
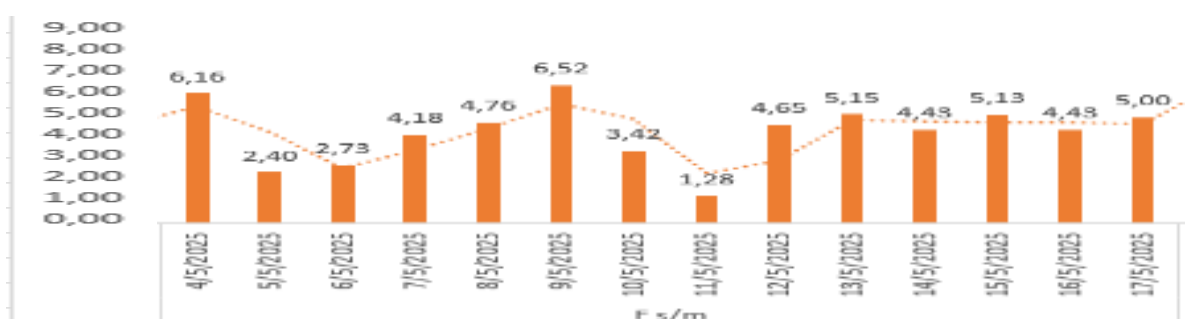


Figura 8 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)

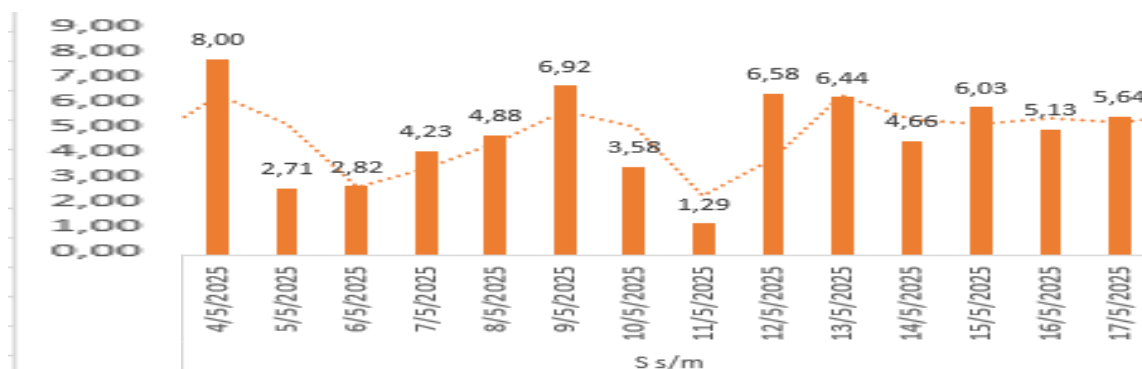


De manera similar a lo observado en el fondo, los valores de (OD) en la superficie de la columna de agua del estanque cubierto con (MS) presentaron un rango relativamente estable, fluctuando entre un mínimo de 1,78 mg/L y un máximo de 6,77 mg/L, como se muestra en la **Figura 9**. En cambio, en la superficie del estanque sin cobertura, se observaron valores más variables, con un mínimo de 1,29 mg/L y un máximo de 8,00 mg/L, según la **Figura 10**. Al comparar ambos sectores, se evidencia que el valor máximo de (OD) fue 1,23 mg/L superior en el estanque sin (MS). No obstante, en cuanto al valor mínimo, el estanque cubierto mostró una mejor condición, registrando un valor 0,49 mg/L más alto que el del estanque (MS), lo que sugiere una mayor estabilidad en las condiciones del agua bajo cobertura.

Figura 9 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 25%)



Figura 10 Concentración de O.D. en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 25%)



pH en la columna del agua

Durante el período de muestreo, bajo una cobertura parcial del 25 % con manta solar, los valores de pH fluctuaron entre un mínimo de 7,30 y un máximo de 7,95, lo que indica una ligera tendencia hacia la alcalinidad, como se observa en la **Figura 11**.

Estos valores se mantuvieron dentro del rango óptimo para cultivos acuícolas, favoreciendo la estabilidad del medio. La aplicación de manta solar al 25 % no generó variaciones extremas en el pH, lo cual sugiere que su influencia sobre este parámetro fue neutra o levemente estabilizadora, contribuyendo a un entorno acuático más constante.

Figura 11 pH del agua (cobertura del 25%)



Conteo de microalgas

Durante el periodo de evaluación correspondiente al tratamiento con una cobertura del 25 % mediante manta solar, se realizaron dos muestreos para la cuantificación de microalgas a lo largo de 15 días, con una frecuencia semanal (cada viernes). En el primer muestreo, se registró una concentración inicial de 190.000 células/mL, valor que se asocia a la reciente incorporación de agua subterránea con alta transparencia óptica, lo cual permitía la observación directa del fondo del estanque, indicando una baja densidad de fitoplancton en ese momento.

Para el segundo muestreo, realizado el viernes de la semana siguiente, se observó un aumento significativo en la densidad de microalgas, alcanzando un valor de 693333.33 células/mL, como se muestra en la **Figura 12**. Este incremento estuvo acompañado de un cambio notable en la coloración del agua, que pasó de una apariencia transparente a tonalidades marrones o grisáceas, evidenciando un aumento en la biomasa algal y una disminución en la transparencia del agua, lo cual dificultó la visibilidad del fondo del estanque.

Figura 12 Concentración de microalgas (cobertura del 25%)



Cobertura Del 50% Con Manta Solar

Temperatura en la columna de agua

En la capa inferior de la columna de agua del estanque cubierto con (MS), la temperatura fluctuó entre un mínimo de 27,05 °C y un máximo de 29,25 °C. Este comportamiento térmico sugiere que, a pesar de la presencia de días fríos, la (MS) ayudó a mantener una temperatura relativamente estable en el fondo del estanque, como se detalla en la **Figura 13**.

En contraste, en el fondo del estanque sin cobertura, las temperaturas registradas fueron levemente superiores, con un valor mínimo de 27,06 °C y un máximo de 29,42 °C, según la **Figura 14**. Esta diferencia indica una posible estratificación térmica más marcada, atribuible a la mayor incidencia directa de radiación solar en ausencia de la (MS). Al comparar ambos tratamientos, se observa que el sector sin (MS) presentó un valor máximo 0,17 °C más alto y un valor mínimo 0,01 °C mayor que el sector con cobertura, lo que refleja una mayor variabilidad térmica sin protección superficial.

Figura 13 Temperatura en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 50%)

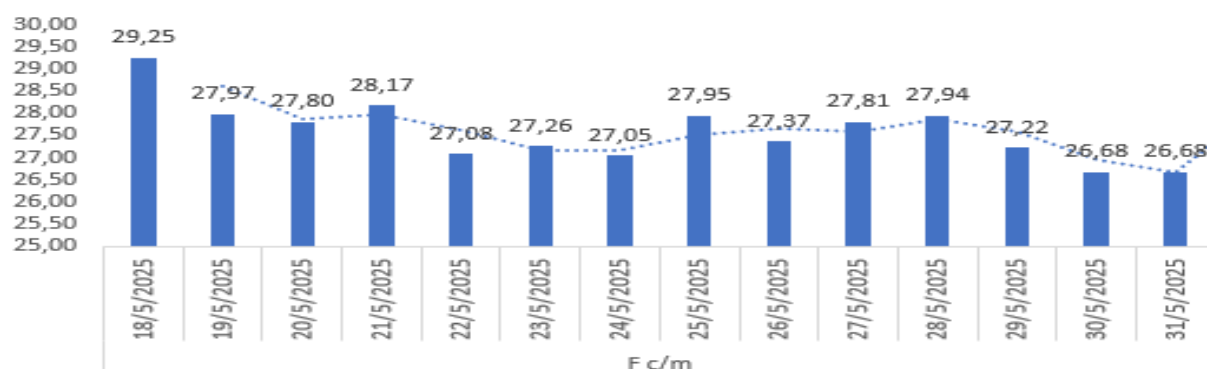
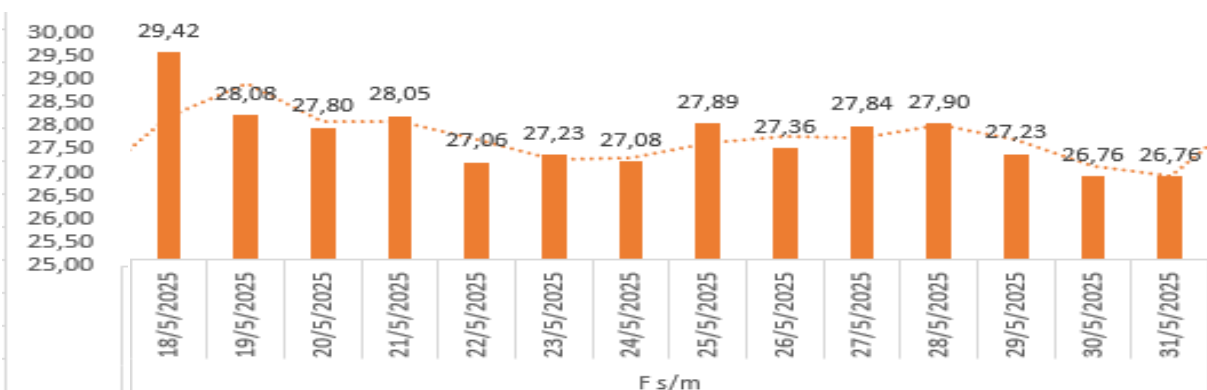


Figura 14 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)



De igual manera, los parámetros térmicos registrados en la superficie de la columna de agua resultaron significativos. En el sector con una cobertura del 50 % mediante (MS), la temperatura superficial fluctuó entre 26,79 °C y 29,25 °C, valores que se mantuvieron muy cercanos a los observados en el fondo del estanque, como se muestra en la **Figura 15**.

En comparación, en el sector sin cobertura, la temperatura en la superficie osciló entre un mínimo de 26,85 °C y un máximo de 29,40 °C, evidenciando una dinámica térmica similar a la del área cubierta, según se representa en la **Figura 16**. No obstante, los valores registrados en el estanque sin (MS) fueron ligeramente más altos, con diferencias de 0,15 °C en la temperatura máxima y 0,06 °C en la mínima respecto al estanque con cobertura parcial. Estos resultados reflejan una leve ventaja térmica en la superficie del agua cuando no se emplea (MS).

Figura 15 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 50%)

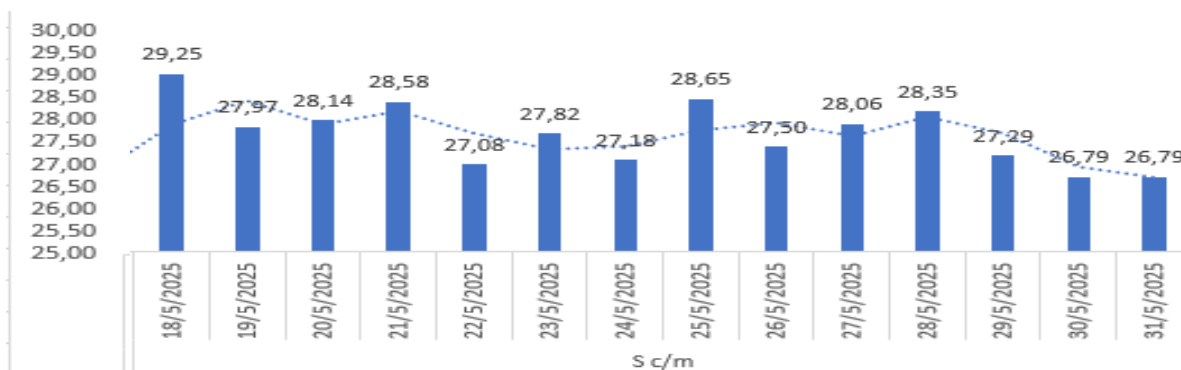
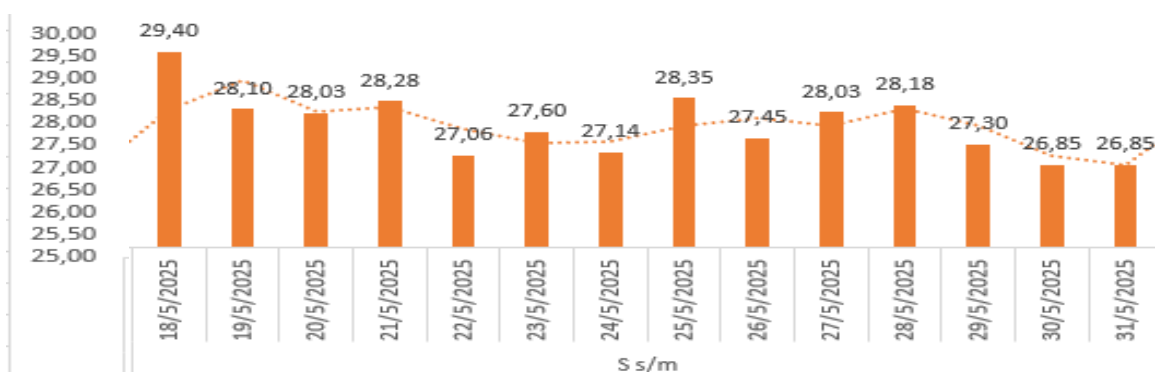


Figura 16 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)



Durante el periodo nocturno, se registraron temperaturas del agua superiores a la temperatura ambiente en la totalidad del estanque, no únicamente en el sector cubierto con manta solar. Este fenómeno podría atribuirse a la acción del viento, el cual habría favorecido la mezcla vertical y horizontal del cuerpo de agua. Como resultado, se mantuvo una distribución térmica relativamente uniforme, con una pérdida térmica mínima durante la noche. La temperatura del agua descendía apenas un grado Celsius hacia la mañana siguiente, lo que evidencia una retención efectiva del calor acumulado durante el día.

Oxígeno Disuelto en la columna del agua

Los valores de (OD) en el fondo de la columna de agua del estanque cubierto con (MS) presentaron una fluctuación entre 3,04 mg/L y 4,62 mg/L, como se muestra en la **Figura 17**. En contraste, en el estanque sin cobertura, las concentraciones de OD en el fondo fueron ligeramente superiores, con un rango que varió entre 3,09 mg/L y 5,02 mg/L, según se observa en la **Figura 18**.

Estos resultados indican que, al igual que con la temperatura, el estanque sin (MS) presentó niveles máximos y mínimos de (OD) más altos que el estanque cubierto, con diferencias de 0,40 mg/L en el valor máximo y 0,05 mg/L en el mínimo, respectivamente. Este comportamiento sugiere una mayor oxigenación en ausencia de cobertura, posiblemente debido a una mayor tasa de intercambio gaseoso con la atmósfera.

Figura 17 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 50%)

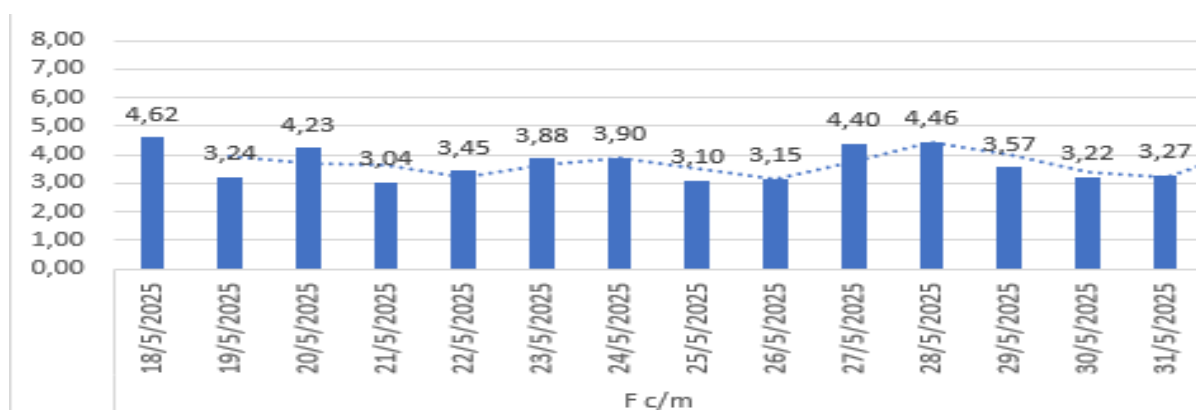
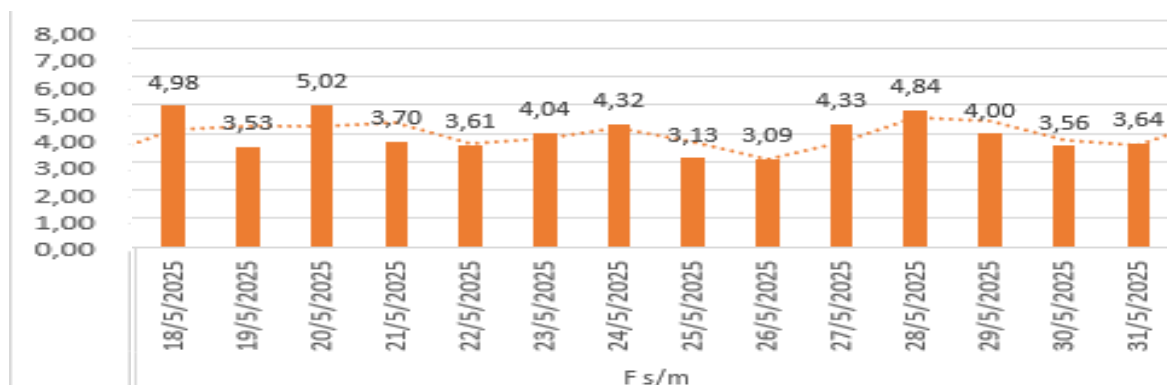


Figura 18 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)



En la superficie de la columna de agua del estanque sin (MS), los valores de (OD) presentaron una amplitud considerable, con concentraciones que oscilaron entre 3,39 mg/L y 7,08 mg/L, como se detalla en la **Figura 19**. En contraste, en la superficie del estanque cubierto con manta solar, se registraron valores aún más elevados de (OD), con un mínimo de 3,53 mg/L y un máximo de 7,30 mg/L, según se muestra en la **Figura 20**.

Se evidencia que el uso de la (MS) favoreció una mayor concentración de oxígeno disuelto en la superficie, con un incremento de 0,22 mg/L en el valor máximo y de 0,14 mg/L en el mínimo, en comparación con el estanque sin cobertura.

Figura 19 Concentración de O.D. en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 50%)

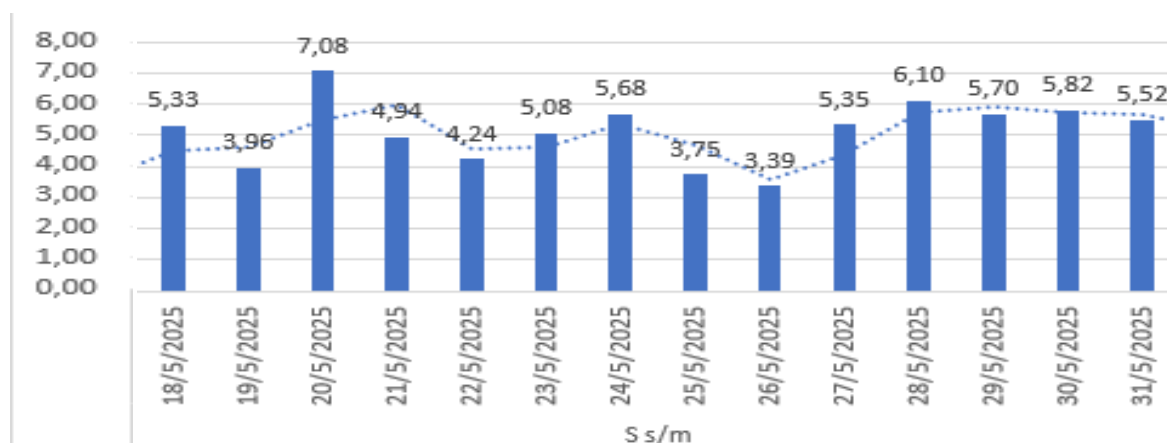
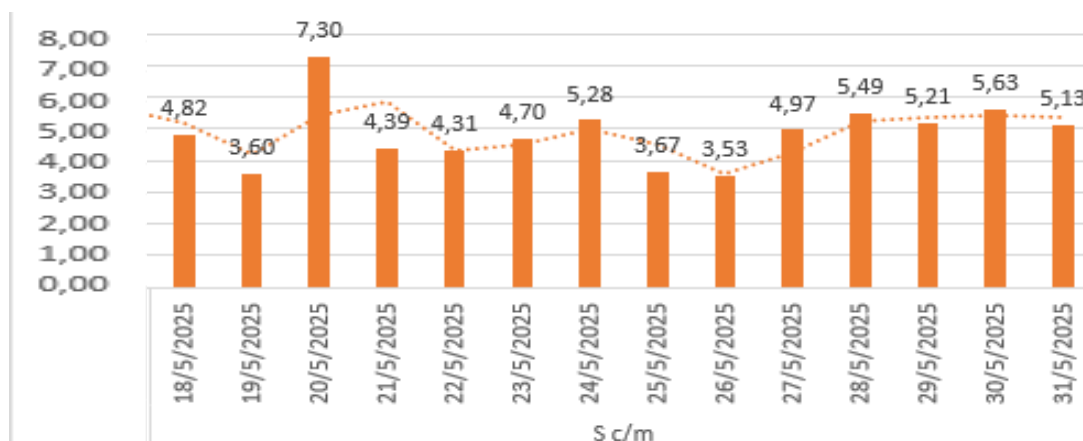


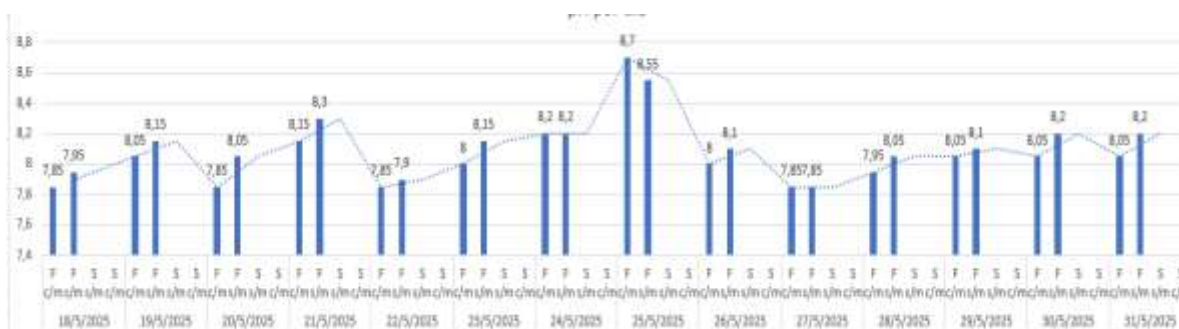
Figura 20 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 50%)



pH en la columna del agua

Bajo la cobertura del 50 % con (MS), se registraron variaciones moderadas en los valores de pH a lo largo del periodo de monitoreo, con un rango aproximado entre 7,85 y 8,25. En algunas fechas puntuales, se alcanzaron valores máximos entre 8,15 y 8,25. En comparación, el sector del estanque sin (MS) presentó valores de pH ligeramente más elevados, como se evidencia en la **Figura 21**. En términos generales, el pH se mantuvo relativamente estable en torno a un valor medio de 8, lo que indica condiciones ligeramente alcalinas.

Figura 21 pH del agua (cobertura del 50%)



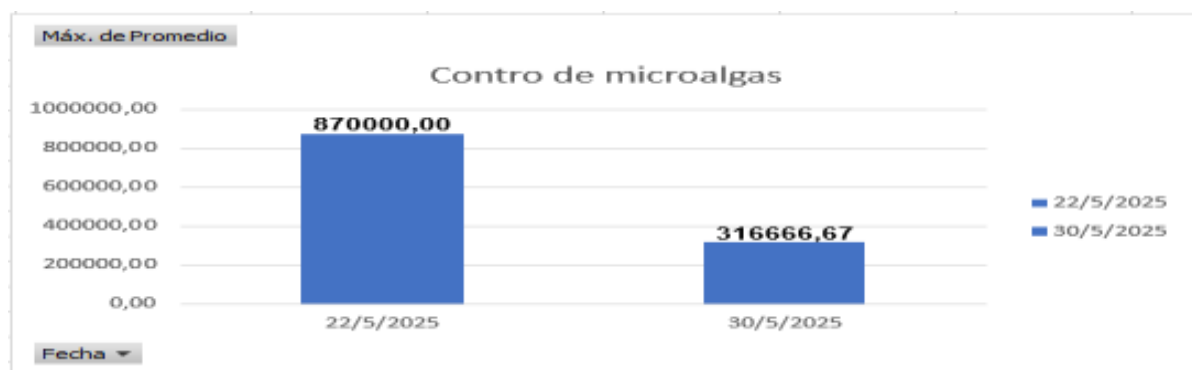
Conteo de Microalgas

Durante el periodo de evaluación bajo la cobertura parcial del 50 % con manta solar, se realizaron dos muestreos semanales para la cuantificación de microalgas. En el primer muestreo, se registró una concentración de 870.000 células/mL, lo que refleja una alta densidad Fitoplanctónica. No obstante, en el segundo conteo, se evidenció una disminución considerable en la densidad Fitoplanctónica, con un promedio de

316.667 células/mL, como se muestra en la **Figura 22**. Esta reducción puede estar asociada a una menor disponibilidad de luz solar por condiciones climáticas adversas (nubosidad o precipitaciones) que hubo en esos días.

Paralelamente, se observó una disminución en la turbidez del agua y una coloración menos intensa, lo que sugiere una reducción en la concentración de fitoplancton en suspensión y un aumento en la transparencia relativa de la columna de agua.

Figura 22 Concentración de microalgas (cobertura del 50%)



Cobertura Del 75% Con Manta Solar

Temperatura en la columna de agua

En el fondo de la columna de agua del estanque cubierto con (MS), la temperatura fluctuó entre 24,99 °C y 28,13 °C, lo que refleja una variación térmica moderada y estable durante el periodo de evaluación, como se muestra en la **Figura 23**. En comparación, el estanque sin cobertura presentó un rango de temperatura ligeramente más amplio en el fondo, con valores que oscilaron entre 24,97 °C y 28,11 °C, según se observa en la **Figura 24**. Al comparar ambos tratamientos, se evidencia que el estanque con (MS) mantuvo temperaturas mínimas y máximas levemente superiores, con una diferencia de 0,02 °C en ambos extremos del rango.

Figura 23 Temperatura en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 75%)

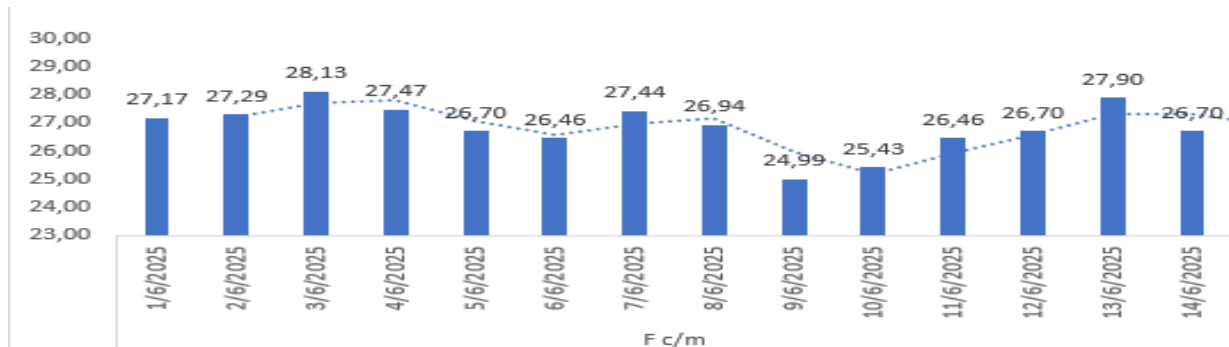
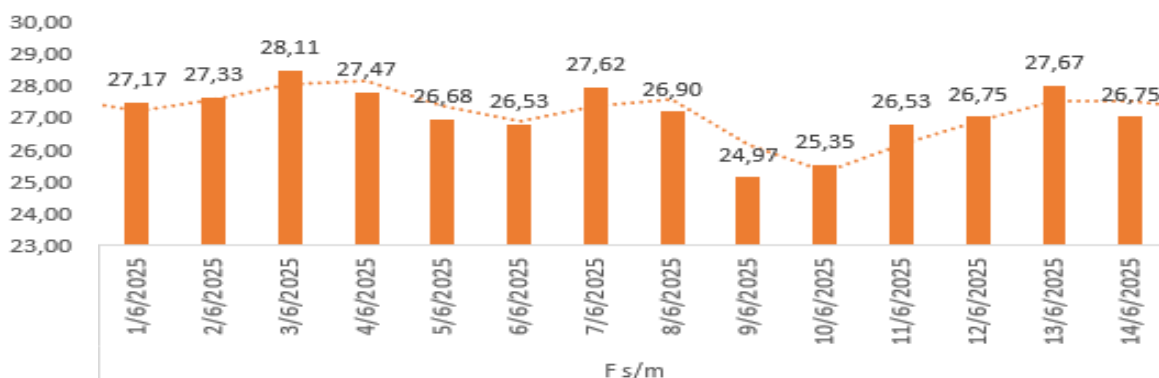


Figura 24 Temperatura en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)



En la superficie de la columna de agua del estanque cubierto con (MS), se registró un comportamiento térmico comparable al observado en el fondo, con temperaturas que fluctuaron entre 24,95 °C y 28,78 °C, como se presenta en la **Figura 25**. En cambio, en la superficie del estanque sin cobertura, las temperaturas fueron ligeramente inferiores, con un rango entre 24,97 °C y 28,56 °C, según se ilustra en la **Figura 26**.

Al comparar ambos tratamientos, se evidencia que la cobertura con (MS) permitió alcanzar una temperatura máxima 0,22 °C superior a la del estanque sin (MS). De igual manera, aunque con una diferencia menos marcada, el valor mínimo también fue ligeramente mayor con (MS), superando en 0,02 °C al sector descubierto.

Figura 25 Temperatura en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 75%)

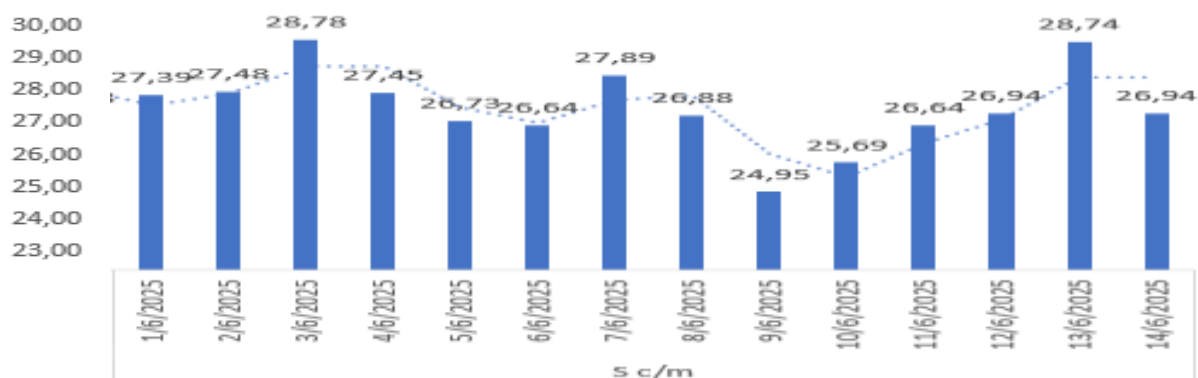
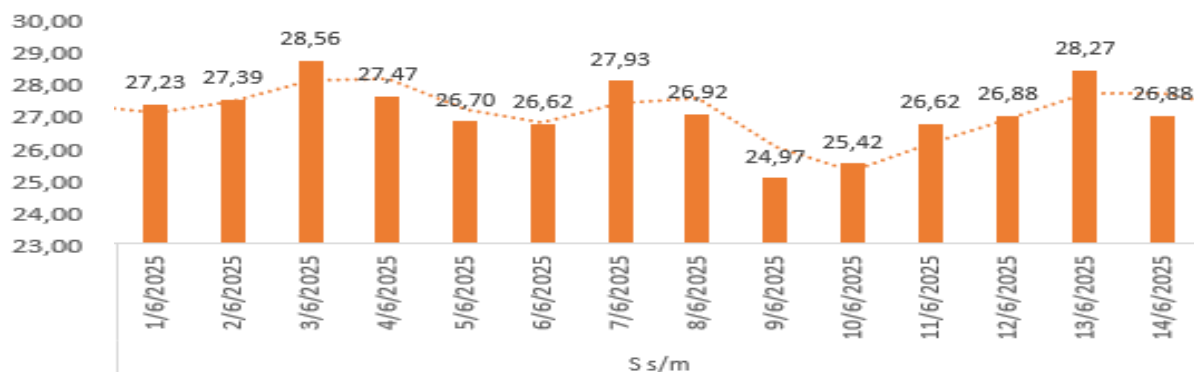


Figura 26 Temperatura en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)



Oxígeno Disuelto en la columna del agua

En lo que respecta al (OD) en el fondo de la columna de agua del estanque con cobertura del 75 % mediante (MS), se registraron valores que oscilaron entre un mínimo de 1,48 mg/L y un máximo de 5,88 mg/L, como se presenta en la **Figura 27**. Por otro lado, en el fondo de la columna de agua del sector sin cobertura, se registraron valores ligeramente superiores, con un rango mínimo de 1,07 mg/L y un máximo de 6,80 mg/L, como se observa en la **Figura 28**. Esta diferencia, aunque leve, puede estar relacionada con el mayor efecto del viento sobre la superficie libre, que favorece la circulación vertical y mejora el transporte de oxígeno hacia las capas profundas del estanque.

Figura 27 Concentración de O.D. en el fondo del estanque con manta solar (cobertura del 75%)

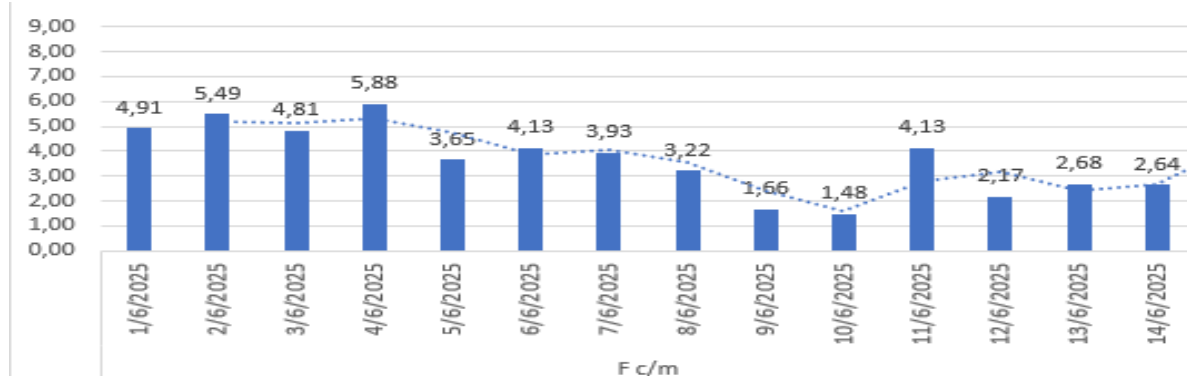
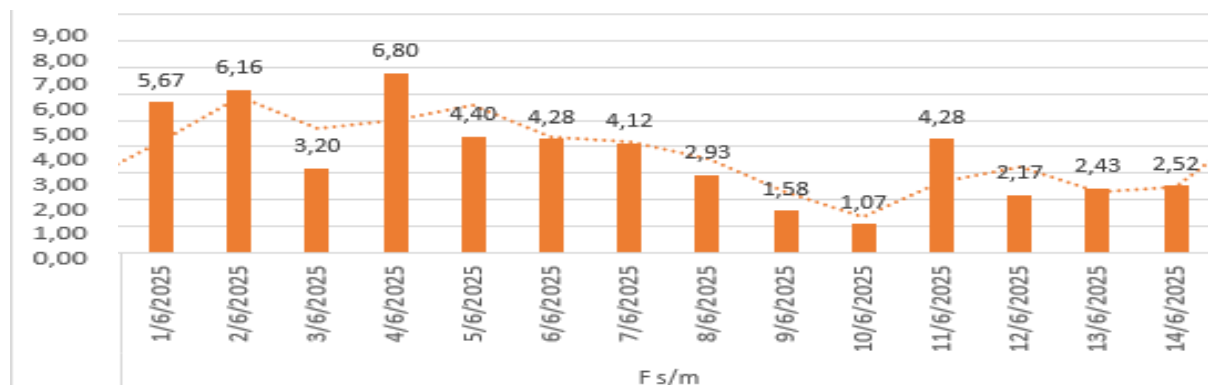


Figura 28 Concentración de O.D. en el fondo del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)



En la superficie del estanque cubierto con (MS) se observó un incremento más notable en las concentraciones de (OD), con valores que fluctuaron entre 2,13 mg/L y 7,76 mg/L, como se muestra en la **Figura 29**. En contraste, en la superficie del estanque sin (MS), se registraron concentraciones de (OD) ligeramente inferiores, con un rango de 2,13 mg/L a 7,85 mg/L, como se observa en la **Figura 30**.

Figura 29 Concentración de O.D. en la superficie del estanque con manta solar (cobertura del 75%)

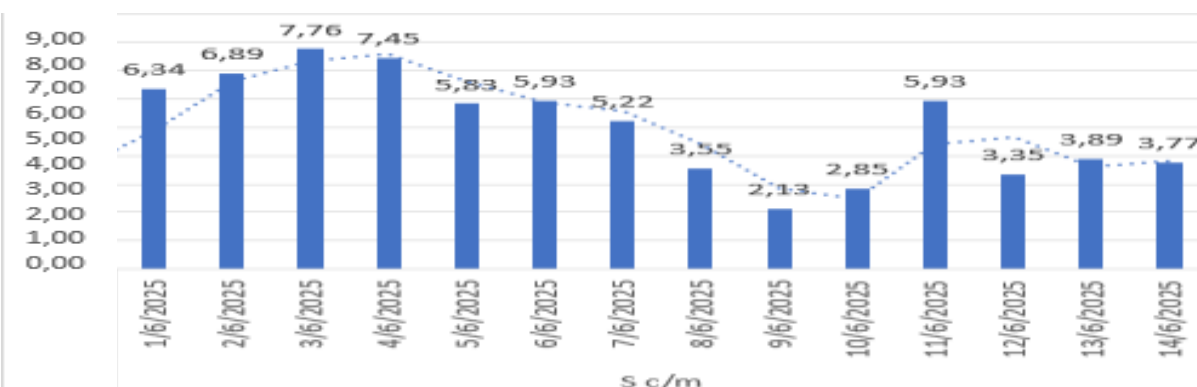
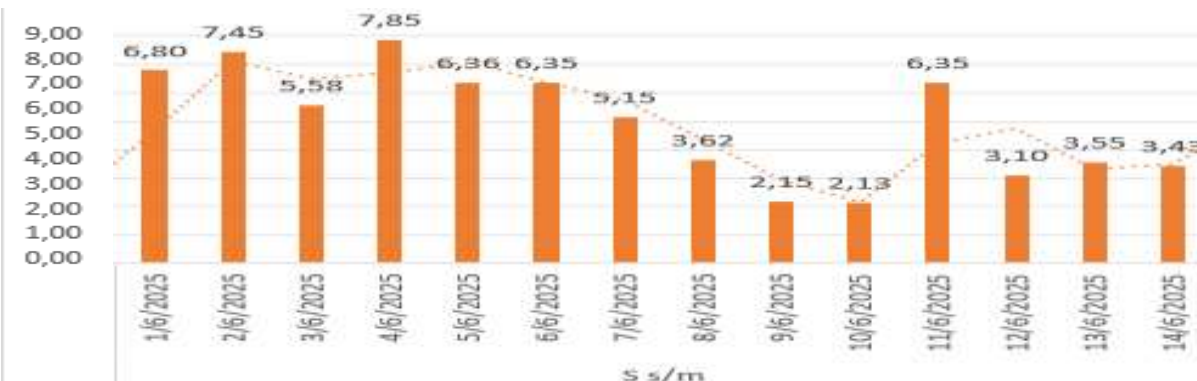


Figura 30 Concentración de O.D. en la superficie del estanque sin manta solar (cobertura del 75%)

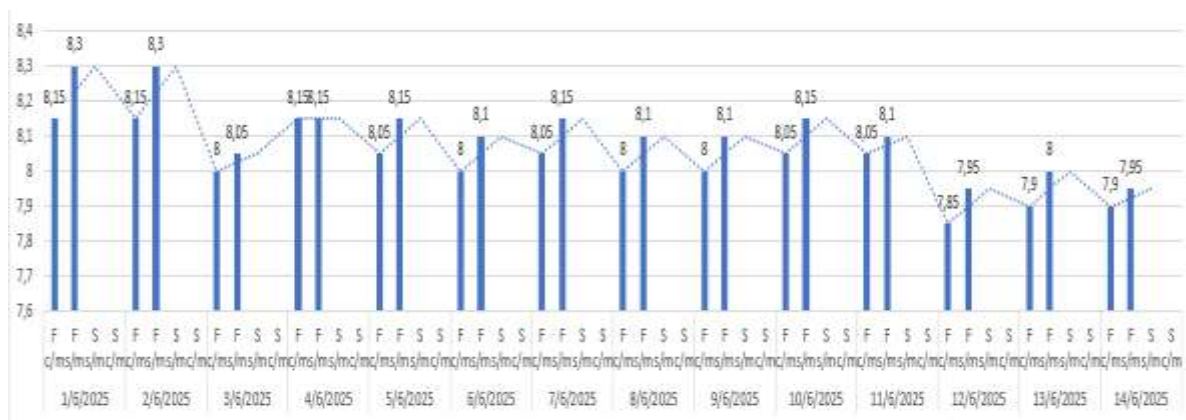


pH en la columna del agua

El comportamiento del pH en el estanque con una cobertura del 75 % mediante (MS) se mantuvo dentro de un rango aceptable para sistemas acuícolas, con valores mínimos de 7,85 y máximos de 8,30, tal como se muestra en la **Figura 31**. A lo largo del periodo de evaluación se observó una variación progresiva del pH, posiblemente asociada a la reducción del volumen de agua por evaporación y a la limitada exposición solar debido a la cobertura casi total del estanque.

Esta disminución en el volumen de agua pudo haber incrementado la concentración de solutos, elevando transitoriamente el pH. Sin embargo, una vez que se procedió a restituir el nivel del agua en la columna del estanque, se evidenció una tendencia descendente en los valores de pH hacia el final del periodo de evaluación, alcanzando niveles más estables y adecuados para el mantenimiento de organismos acuáticos.

Figura 31 pH del agua (cobertura del 75%)



Conteo de Microalgas

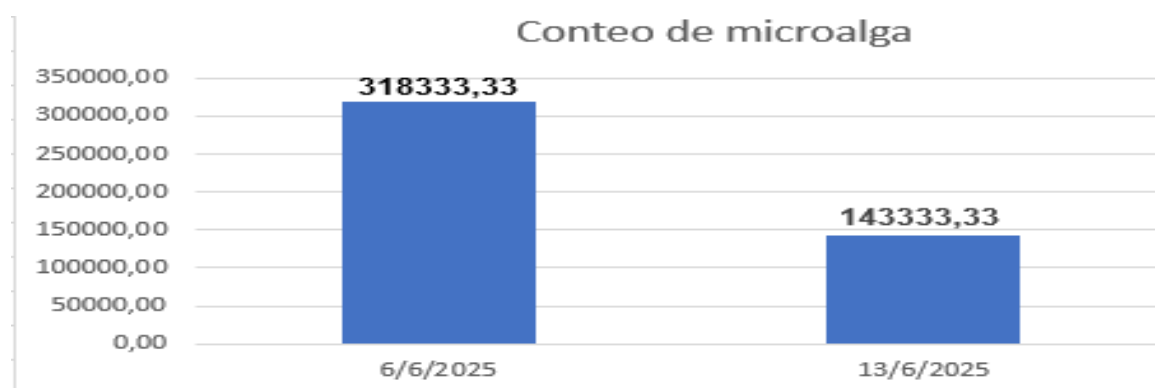
Durante el periodo de evaluación correspondiente al tratamiento con cobertura parcial del 75 % mediante (MS), se realizaron dos muestreos semanales para la cuantificación de microalgas. En el primer muestreo se registró una concentración de 318.333,33 células/mL, lo que representa un leve incremento en comparación con el descenso observado en el tratamiento del 50 % de cobertura.

No obstante, en el segundo muestreo se evidenció una marcada disminución en la densidad Fitoplanctónica, alcanzando un valor de 143.333,33 células/mL, como se indica en la **Figura 32**. Esta reducción puede estar asociada a factores externos como la pérdida del nivel de agua por evaporación y la limitada radiación solar debido a

condiciones climáticas adversas, más que a la presencia directa de la manta solar como elemento restrictivo.

Paralelamente, se observó una disminución en la turbidez del agua, así como una coloración más tenue que llegó incluso a volverse casi transparente, lo que sugiere una menor concentración de fitoplancton en suspensión, esta condición podría haber limitado la productividad primaria del sistema. Sin embargo, se considera que esta baja productividad no fue causada directamente por la (MS), sino por la combinación de factores ambientales como la reducción del nivel del agua y la escasa disponibilidad de luz solar incidente.

Figura 32 Concentración de microalgas (cobertura del 75%)



Diferencia térmica entre temperatura ambiente y del agua

Se puede observar una diferencia entre la temperatura del ambiente y la del agua en el estanque, aunque esta variación no es muy significativa, debido a que la temperatura del ambiente con la del agua tiene una diferencia de entre 1 y 3 °C, lo cual se confirmó durante el presente estudio. Esto indica que el experimento arrojó resultados positivos en cuanto a la conservación térmica del agua. Asimismo, como se detalla en la **Tabla 2**, el tratamiento con un 75 % de cobertura mediante (MS) presentó la mayor diferencia de temperatura en comparación con el ambiente. Este resultado sugiere que, a mayor porcentaje de cobertura, mayor es la capacidad de retención térmica del sistema. En consecuencia, el uso de la (MS) contribuye a mantener una temperatura del agua más elevada, lo cual es beneficioso para la

actividad metabólica de los organismos cultivados, especialmente en épocas de bajas temperaturas.

Tabla 2 Diferencia térmica entre temperatura ambiente y del agua

FECHA	HORA	% COBERTURA	SECTOR	T° AMBIENTE	PROMEDIO ± DESV. ESTAND (AGUA)
26/5/2025	4PM	50	SUP CON (MS)	24,6	28,26±0,1
	4PM	50	FDO CON (MS)	24,6	27,96±0,1
	4PM	50	SUP SIN (MS)	24,6	28,2±0
	4PM	50	FDO SIN (MS)	24,6	28,26±0,1
	8PM	50	SUP CON (MS)	26,9	27,7±0,1
	8PM	50	FDO CON (MS)	26,9	27,66±0,1
	8PM	50	SUP SIN (MS)	26,9	27,65±0,1
	8PM	50	FDO SIN (MS)	26,9	27,76±0,1
	11PM	50	SUP CON (MS)	26,1	27,43±0,2
	11PM	50	FDO CON (MS)	26,1	27,46±0,1
	11PM	50	SUP SIN (MS)	26,1	27,55±0,1
	11PM	50	FDO SIN (MS)	26,1	27,5±0
	8AM	50	SUP CON (MS)	23	27,03±0,1
	8AM	50	FDO CON (MS)	23	26,96±0,1

	8AM	50	SUP SIN (MS)	23	27,1±0,0
	8AM	50	FDO SIN (MS)	23	27,1±0,0
27/5/2025	4PM	50	SUP CON (MS)	25,3	29,3±0,3
	4PM	50	FDO CON (MS)	25,3	28,46±0,1
	4PM	50	SUP SIN (MS)	25,3	29,25±0,2
	4PM	50	FDO SIN (MS)	25,3	28,55±0,1
	8PM	50	SUP CON (MS)	27,3	28,03±0,1
	8PM	50	FDO CON (MS)	27,3	27,9±0,1
	8PM	50	SUP SIN (MS)	27,3	28,0±0,1
	8PM	50	FDO SIN (MS)	27,3	27,95±0,1
	11PM	50	SUP CON (MS)	25,9	27,66±0,2
	11PM	50	FDO CON (MS)	25,9	27,7±0,2
	11PM	50	SUP SIN (MS)	25,9	27,8±0,1
	11PM	50	FDO SIN (MS)	25,9	27,75±0,1
	8AM	50	SUP CON (MS)	23	27,23±0,1
	8AM	50	FDO CON (MS)	23	27,23±0,1
	8AM	50	SUP SIN (MS)	23	27,3±0,1
	8AM	50	FDO SIN (MS)	23	27,25±0,1

29/5/2025	4PM	50	SUP CON (MS)	29,5	27,53±0,1
	4PM	50	FDO CON (MS)	29,5	27,3±0,0
	4PM	50	SUP SIN (MS)	29,5	27,45±0,1
	4PM	50	FDO SIN (MS)	29,5	26,65±0,1
	8PM	50	SUP CON (MS)	27,2	27,03±0,1
	8PM	50	FDO CON (MS)	27,2	27,06±0,1
	8PM	50	SUP SIN (MS)	27,2	27,05±0,1
	8PM	50	FDO SIN (MS)	27,2	27,05±0,1
	11PM	50	SUP CON (MS)	26,6	26,8±0,3
	11PM	50	FDO CON (MS)	26,6	26,83±0,2
	11PM	50	SUP SIN (MS)	26,6	26,85±0,1
	11PM	50	FDO SIN (MS)	26,6	26,85±0,1
	8AM	50	SUP CON (MS)	23,2	26,4±0,1
	8AM	50	FDO CON (MS)	23,2	26,46±0,1
	8AM	50	SUP SIN (MS)	23,2	26,3±0,1
	8AM	50	FDO SIN (MS)	23,2	26,25±0,1
2/6/2025	4PM	75	SUP CON (MS)	25	28,93±0,1
	4PM	75	FDO CON (MS)	25	28,66±0,1

	4PM	75	SUP SIN (MS)	25	29,2±0,6
	4PM	75	FDO SIN (MS)	25	28,55±0,1
	8PM	75	SUP CON (MS)	25,9	27,86±0,1
	8PM	75	FDO CON (MS)	25,9	27,7±0,2
	8PM	75	SUP SIN (MS)	25,9	27,9±0,1
	8PM	75	FDO SIN (MS)	25,9	27,85±0,1
	11PM	75	SUP CON (MS)	25,9	27,53±0,3
	11PM	75	FDO CON (MS)	25,9	27,53±0,2
	11PM	75	SUP SIN (MS)	25,9	27,65±0,1
	11PM	75	FDO SIN (MS)	25,9	27,65±0,1
	8AM	75	SUP CON (MS)	22,3	27,2±0,1
	8AM	75	FDO CON (MS)	22,3	27,23±0,1
	8AM	75	SUP SIN (MS)	22,3	27,15±0,2
	8AM	75	FDO SIN (MS)	22,3	27,15±0,2
3/6/2025	4PM	75	SUP CON (MS)	25,1	30,56±0,3
	4PM	75	FDO CON (MS)	25,1	28,76±0,1
	4PM	75	SUP SIN (MS)	25,1	29,85±0,2
	4PM	75	FDO SIN (MS)	25,1	28,85±0,2

	8PM	75	SUP CON (MS)	27,1	28,7±0,2
	8PM	75	FDO CON (MS)	27,1	27,9±0,3
	8PM	75	SUP SIN (MS)	27,1	28,85±0,1
	8PM	75	FDO SIN (MS)	27,1	28,2±0,1
	11PM	75	SUP CON (MS)	25,8	27,56±0,4
	11PM	75	FDO CON (MS)	25,8	27,36±0,3
	11PM	75	SUP SIN (MS)	25,8	28±0,3
	11PM	75	FDO SIN (MS)	25,8	27,85±0,4
	8AM	75	SUP CON (MS)	22,6	27,43±0,1
	8AM	75	FDO CON (MS)	22,6	27,43±0,1
	8AM	75	SUP SIN (MS)	22,6	27,4±0,1
	8AM	75	FDO SIN (MS)	22,6	27,4±0,1
5/6/2025	4PM	75	SUP CON (MS)	24,3	27,2±0,1
	4PM	75	FDO CON (MS)	24,3	26,96±0,1
	4PM	75	SUP SIN (MS)	24,3	26,95±0,2
	4PM	75	FDO SIN (MS)	24,3	26,9±0,3
	8PM	75	SUP CON (MS)	26,6	26,56±0,2
	8PM	75	FDO CON (MS)	26,6	26,6±0,1

	8PM	75	SUP SIN (MS)	26,6	26,55±0,1
	8PM	75	FDO SIN (MS)	26,6	26,6±0,0
	11PM	75	SUP CON (MS)	24,9	26,36±0,1
	11PM	75	FDO CON (MS)	24,9	26,43±0,1
	11PM	75	SUP SIN (MS)	24,9	26,4±0,0
	11PM	75	FDO SIN (MS)	24,9	26,4±0,0
	8AM	75	SUP CON (MS)	22,2	25,83±0,1
	8AM	75	FDO CON (MS)	22,2	25,8±0,0
	8AM	75	SUP SIN (MS)	22,2	25,85±0,1
	8AM	75	FDO SIN (MS)	22,2	25,75±0,1

DISCUSIÓN

El presente estudio evidenció que la incorporación de coberturas parciales con manta solar (MS) en estanques acuícolas no generó un incremento significativo en la temperatura del agua. No obstante, se observó un efecto positivo sobre la retención térmica, particularmente durante las horas nocturnas. Aunque no se registraron aumentos marcados en la temperatura diurna, las áreas cubiertas con MS conservaron mejor el calor acumulado durante el día, actuando como un aislante térmico. Este comportamiento se manifestó de forma uniforme a lo largo de la columna de agua, independientemente del porcentaje de cobertura.

Los resultados indicaron que, en general, la temperatura del agua del estanque se mantuvo por encima de la temperatura ambiente hasta entrada la noche. Este efecto fue más notable en los tratamientos con 50 % y 75 % de cobertura, donde la pérdida de calor fue menor. El control de la temperatura en estanques de cultivo es esencial, dado que la mayoría de las especies acuáticas cultivadas son poiquilotérmicas; es decir, su temperatura corporal varía con la del entorno. Por tanto, su metabolismo se ve directamente influenciado por la temperatura del agua, acelerándose en ambientes cálidos y disminuyendo en condiciones frías.

Además, se constató que, al día siguiente, la temperatura del agua presentó fluctuaciones más atenuadas en comparación con la temperatura ambiente, lo que sugiere la existencia de cierta inercia térmica atribuible al uso de la manta solar.

Aunque la temperatura registrada en las áreas sin manta fue similar o ligeramente superior durante el día, se observó que la cobertura con MS contribuyó a una pérdida térmica más gradual durante la noche, lo que permitió conservar un ambiente más cálido al día siguiente. En un escenario con organismos cultivados, esta estabilidad térmica podría favorecer un desarrollo más rápido respecto a condiciones naturales, especialmente en periodos fríos.

Si bien la manta solar no incrementó directamente la temperatura del agua, sí mitigó su descenso durante las horas de baja radiación. Este hallazgo concuerda parcialmente con lo reportado por Wisely et al. (1982), quienes lograron aumentos térmicos de hasta 6–9 °C respecto al control utilizando una manta flotante de plástico de burbujas en un estanque marino completamente cubierto en Australia. En dicho caso, la cobertura total evitó la pérdida de calor al eliminar el contacto directo con el ambiente exterior. En cambio, en el presente estudio, la cobertura fue parcial (máximo 75 %) y estuvo sujeta a diversas alteraciones ambientales, lo cual permitió una mayor interacción con el entorno y una mayor variabilidad térmica.

En consecuencia, los incrementos térmicos observados en este estudio fueron más moderados (0,5 a 1,5 °C). Esta diferencia podría atribuirse a factores como el recambio constante de agua (aproximadamente 10 % diario), la acción del viento sobre la superficie del estanque y la presencia de días fríos y lluviosos que, al prolongarse hasta el mediodía, redujeron la interacción entre la radiación solar y el agua, dificultando la conservación del calor (Salazar et al., 2021).

No obstante, estos estudios coinciden en que el uso de manta solar puede generar un entorno térmico más favorable para los organismos acuáticos durante períodos de baja radiación. En el contexto local, donde se cultiva camarón, esta tecnología, si es manejada adecuadamente, podría contribuir a un mejor crecimiento durante épocas frías. En particular, su aplicación en estadios iniciales, como en precriaderos, resulta prometedora, dado que estos sistemas ocupan superficies menores que los estanques de engorde y los organismos presentan una alta demanda metabólica en los primeros treinta días de vida. Bajo estas condiciones, el uso de manta solar permitiría mantener temperaturas más estables y cálidas, lo que podría acelerar el desarrollo de los juveniles y permitir su transferencia con mayor gramaje o en menor tiempo (Imani et al., 2023).

En cuanto a la productividad primaria, la manta solar mostró efectos diferenciados según el porcentaje de cobertura. En el tratamiento con 25 %, se observó un aumento considerable en la densidad de fitoplancton, probablemente debido a la mayor disponibilidad de luz solar. Además, las intensas lluvias registradas durante el estudio pudieron contribuir a este incremento, ya que la mezcla entre el agua de pozo y el agua de lluvia habría favorecido una mayor disponibilidad de nutrientes en esta zona parcialmente cubierta (Xu et al., 2017).

Sin embargo, a medida que se incrementó la cobertura (especialmente al 75 %), se evidenció una disminución en la concentración de microalgas, lo que sugiere una menor tasa fotosintética, posiblemente relacionada con la reducción de radiación incidente, la menor penetración de luz y el volumen de agua retenido. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Benjamins et al. (2024), quienes señalaron que estructuras flotantes como paneles solares o coberturas plásticas pueden atenuar la radiación solar y disminuir la productividad primaria en sistemas acuáticos. En ese sentido, coberturas intermedias, como la del 50 %, podrían representar un equilibrio adecuado entre la retención térmica y las condiciones necesarias para la fotosíntesis.

Respecto al oxígeno disuelto (OD), se observaron leves fluctuaciones entre zonas cubiertas y descubiertas, siendo más estables los niveles en áreas sin cobertura. Si bien no se registró un aumento significativo en el OD, la manta contribuyó a evitar descensos bruscos durante la noche, ayudando a mantener condiciones adecuadas para el metabolismo de los organismos. La disminución en la penetración lumínica bajo coberturas más densas pudo haber limitado la fotosíntesis en capas profundas,

aunque sin afectar de manera crítica la calidad del agua (Culberson & Piedrahita, 1996).

En cuanto al pH, este se mantuvo dentro de rangos óptimos para la acuicultura (7,3–8,3) en todos los tratamientos. La manta solar actuó como regulador térmico y lumínico, amortiguando las variaciones extremas del pH inducidas por la actividad fotosintética diurna. Este efecto concuerda con lo descrito por Chang et al. (2023), quienes reportaron que coberturas parciales pueden estabilizar el entorno acuático sin comprometer su calidad físico-química. Incluso en el tratamiento con 75 % de cobertura, donde se detectó un incremento transitorio del pH, este fue atribuido a la evaporación y se corrigió tras el ajuste del nivel del estanque.

En conjunto, los resultados sugieren que, si bien la manta solar no provocó aumentos térmicos significativos, sí favoreció la retención de calor, lo que puede resultar beneficioso en contextos productivos bajo condiciones de mayor control. Además, la manta demostró capacidad para modular la productividad primaria y estabilizar parámetros clave de calidad del agua, como el pH y el oxígeno disuelto. Por tanto, su uso como cobertura parcial se presenta como una estrategia viable, económica y ambientalmente sostenible para mejorar las condiciones de cultivo en estanques acuícolas, especialmente durante las primeras fases del desarrollo o en temporadas frías.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación demostró que la incorporación de coberturas parciales con manta solar en estanques acuícolas contribuyó de manera efectiva a la retención del calor durante la noche, generando un entorno térmico más estable. Este efecto fue más evidente en los tratamientos con coberturas del 50 % y 75 %, donde la pérdida de temperatura nocturna fue menor, lo cual resulta especialmente relevante considerando que la mayoría de las especies acuáticas cultivadas son poiquilotérmicas y dependen de la temperatura ambiente para su desarrollo metabólico.

Asimismo, la manta solar mostró una influencia directa sobre la dinámica del fitoplancton, con un aumento en su densidad bajo coberturas ligeras (25 %) y una reducción significativa bajo coberturas más densas (75 %), lo que indica que existe un equilibrio entre la retención térmica y la disponibilidad de luz para la fotosíntesis. Este balance también se reflejó en los niveles de oxígeno disuelto y pH, parámetros que se mantuvieron dentro de rangos adecuados para la acuicultura, con menor variabilidad en comparación con las zonas sin cobertura.

Los hallazgos obtenidos permiten concluir que el uso de manta solar como cobertura parcial representa una alternativa viable, de bajo costo y ambientalmente sostenible para mejorar las condiciones físico-químicas en estanques acuícolas, especialmente durante las fases iniciales del cultivo o en épocas frías. En particular, su implementación en precriaderos de camarón podría favorecer un crecimiento más rápido y eficiente durante los primeros días de desarrollo, permitiendo optimizar tiempos y mejorar el rendimiento productivo en fases posteriores.

Finalmente, se recomienda continuar evaluando esta tecnología bajo diferentes condiciones climáticas, especies y niveles de cobertura, con el fin de establecer lineamientos técnicos que permitan su aplicación a mayor escala dentro del sector acuícola.

Recomendaciones

Dado que este estudio se desarrolló como una experiencia experimental inicial, fue natural enfrentar ciertas limitaciones metodológicas y operativas que fueron ajustadas progresivamente durante su ejecución. Aunque dichas variantes no afectaron de forma significativa los resultados generales, se considera que su optimización podría mejorar la precisión y replicabilidad del estudio. Por tanto, se recomienda:

- Contar con un estanque sin filtración continua
- Garantizar disponibilidad permanente de agua
- Utilizar equipos de medición de alta precisión
- Verificar la disponibilidad completa de materiales antes del inicio del experimento
- Evitar recambios menos de agua

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. J., & Aguilar, J. F. (2009). Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(SUPPL. 1).
- Amrillah, A. M. (2024). Analisis Perbandingan Fluktuasi Produktivitas Primer Mingguan Kolam Beton dengan Kolam Tanah. *JFMR-Journal Of Fisheries And Marine Research*, 8(3). <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2024.008.03.13>
- Aymemí, J. M. F., Gayarre, R. R., & García, V. S. (2025). Uso de un diagrama histórico como fuente de aprendizaje de la geometría. *Bolema Boletim de Educação Matemática*, 39. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v39a230087>
- Benjamins, S., Williamson, B., Billing, S.-L., Yuan, Z., Collu, M., Fox, C., Hobbs, L., Masden, E. A., Cottier-Cook, E. J., & Wilson, B. (2024). Potential environmental impacts of floating solar photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 199, 114463. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114463>
- Cascarano, M. C., Stavrakidis-Zachou, O., Mladineo, I., Thompson, K. D., Papandroulakis, N., & Katharios, P. (2021). Mediterranean Aquaculture in a Changing Climate: Temperature Effects on Pathogens and Diseases of Three Farmed Fish Species. *Pathogens*, 10(9), 1205. <https://doi.org/10.3390/pathogens10091205>
- Castillo-Ochoa, B. del C., & Velásquez-López, P. C. (2021). Manejo estacional de los sistemas de producción de camarón en el Ecuador. *Sociedad & Tecnología*, 4(3). <https://doi.org/10.51247/st.v4i3.151>
- Chang, P.-H., Shih, C.-H., & Kao, W.-C. (2023). Optimizing the Fishery and Solar Power Symbiosis Model for Sustainable Marine Resource Management: Evaluating the Effects of Solar Shading on the Growth and Water Quality of *Litopenaeus vannamei* and *Chanos chanos*. *Water*, 15(18), 3260. <https://doi.org/10.3390/w15183260>
- Chuang, C. H., Chiu, U. C., Huang, C. W., & Chang, K. Y. (2023). Associations of anomalous water temperature, salinity, and pH with change in water color of fish farming ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(6), 1563–1574. <https://doi.org/10.1111/jwas.12991>

- Culberson, S. D., & Piedrahita, R. H. (1996). Aquaculture pond ecosystem model: temperature and dissolved oxygen prediction — mechanism and application. *Ecological Modelling*, 89(1-3), 231-258. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00140-9](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00140-9)
- Das, D. R., Mithun, M. H. M., Moniruzzaman, M., Khanum, M., & Mahmud, Y. (2023). Nursing and management of early produced larvae of Thai pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) using greenhouse concept. *Archives Of Agriculture And Environmental Science*, 8(1), 28-34. <https://doi.org/10.26832/24566632.2023.080105>
- De Jesús Montilla Pacheco, A., Pisco, C. I. M., Vasco, M. E. D., & Calles, F. R. P. (2024). CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA GEOGRAFÍA CLIMÁTICA DEL ECUADOR CONTINENTAL. *Ciencia Unemi*, 17(44), 237-248. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss44.2024pp237-248p>
- De Jesús Rodríguez-Jordán, G., Juan, J. J. J., -Díaz, G. P., & Hernández-Bautista, I. (2025). EVALUACIÓN DE TEMPERATURA EN CULTIVO INTENSIVO DEL *Litopenaeus vannamei* EMPLEANDO RAZONAMIENTO DIFUSO. *CICIMAR Océánides*, 39(2), 35-50. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v39i2.318>
- Delgado-Santillán, L. Y., Trigos, M., M, G. C. M., Mendoza, L., & De la Cruz, R. (2025). Water quality and production parameters of gray tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation in earth pond. *AgroScience Research*, 3(1), 27-38. <https://doi.org/10.17268/agrosci.2025.003>
- Figueredo, G. R., Gutierrez, M. Y., & Spotorno, R. A. (2020). Ensayos de Captadores flotantes curvos para el Calentamiento de Estanques. *Revista Tecnología y Ciencia*, 38, 67-82. <https://doi.org/10.33414/rtyc.38.67-82.2020>
- Flores, M. E., & Arias, G. I. (2024). Influencia de la variabilidad climática en temperatura, precipitación y velocidad del viento en Villonaco, Ecuador. *Ciencia Unemi*, 17(45), 36-51. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss45.2024pp36-51p>
- Forneck, SC, Dutra, FM, Maltauro, RA y Cunico, AM (2023). Diferencias en la toxicidad aguda por amoníaco entre sexos del guppy *Poecilia reticulata* (Poeciliidae). *Acta Biol Colomb.*, 28(1), 57-63. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.91052>
- Guevara Portilla, Y. N., Terán López, R. A., Achicanoy Tulcán, A. N., & Maigual Enríquez, Y. A. (2022). IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA ACUICULTURA. *Revista Investigación Pecuaria*, 8(1). <https://doi.org/10.22267/revip.2181.27>

- Gutierrez S., M. Y., Figueredo, G. R., Spotorno, R. A., Pochettino, J. J., & Zurlo, H. D. (2020). Utilización de botellas de pet y captadores flotantes para el calentamiento de estanques. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente - AVERMA*, 23, 13–23. Recuperado a partir de <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/1144>
- Imani, M., Fakour, H., Lo, S., Yuan, M., Chen, C., Mobasser, S., & Muangthai, I. (2023). Aquavoltaics Feasibility Assessment: Synergies of Solar PV Power Generation and Aquaculture Production. *Water*, 15(5), 987. <https://doi.org/10.3390/w15050987>
- Kuffo García, G. E., Piguave Bailón, J., Mendoza Cherrez, J., Bazurto Alvia, J. R., & Macías Barberán, J. R. (2024). Efectos de la luz y la temperatura en la fotosíntesis y la productividad primaria en ecosistemas marinos. *Revista Científica Multidisciplinar G-Nerando*, 5(2). <https://doi.org/10.60100/rcmg.v5i2.279>
- Kumar Srivastava, P., Singh, R. K., Tiwari, A., & Tiwari, G. N. (2024). Thermal modeling of greenhouse integrated semi-transparent photovoltaic thermal (GiSPVT) for sustainable aquaculture production: an experimental validation. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 46(1), 2436–2447. <https://doi.org/10.1080/15567036.2024.2308651>
- Lindholm-Lehto, P. (2023). Water quality monitoring in recirculating aquaculture systems. *Aquaculture Fish And Fisheries*, 3(2), 113–131. <https://doi.org/10.1002/aff2.102>
- Mugwanya, M., Dawood, M. A. O., Kimera, F., & Sewilam, H. (2022). Anthropogenic temperature fluctuations and their effect on aquaculture: A comprehensive review. *Aquaculture and Fisheries*, 7(3), 223–243. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.005>
- Papadopoulos, D. K., Alvanou, M. V., Lattos, A., Ouroulis, K., & Giantsis, I. A. (2024). Tropical Shrimp Biofloc Aquaculture within Greenhouses in the Mediterranean: Preconditions, Perspectives, and a Prototype Description. *Fishes*, 9(6), 208. <https://doi.org/10.3390/fishes9060208>
- Salazar, D. R., Silva-Acuña, R., Maestre, R. B., & Salazar, A. N. (2021). Recambio de agua, su efecto sobre características físico-químicas y crecimiento en juveniles de tilapia roja. *Revista ESPAMCiencia*, 12(1), 8–16. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.260

- Sánchez Méndez, d. c. (2022). Enfermedades que afectaron la producción de camarón y análisis de las exportaciones de camarón en el ecuador. Universidad Estatal Península de Santa Elena, 8.5.2017.
- Sosa, M. y. G., Figueredo, G. R., & Zurlo, H. D. (2020). Calentamiento de estanques para piscicultura mediante manta térmica y captadores flotantes. *Extensionismo Innovación y Transferencia Tecnológica*, 6, 193. <https://doi.org/10.30972/eitt.604393>
- Tumwesigye, Z., Tumwesigye, W., Opio, F., Kemigabo, C., & Mujuni, B. (2022). The Effect of Water Quality on Aquaculture Productivity in Ibanda District, Uganda. *Aquaculture Journal*, 2(1), 23–36. <https://doi.org/10.3390/aquacj2010003>
- Vega, A. N. N., Bustamante, G. E. R., & López, P. C. V. (2024). Efecto de la variación temporal de la temperatura sobre la producción del camarón *Penaeus vannamei* en sistemas de cultivo en lagunas. *AquaTechnica Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 6(1), 41-56. <https://doi.org/10.33936/at.v6i1.5870>
- Wang, T., Chang, P., Huang, Y., Lin, T., Yang, S., Yeh, S., Tung, C., Kuo, S., Lai, H., & Chen, C. (2022). Effects of floating photovoltaic systems on water quality of aquaculture ponds. *Aquaculture Research*, 53(4), 1304–1315. <https://doi.org/10.1111/are.15665>
- Wisely, B., Holliday, J. E., & MacDonald, R. E. (1982b). Heating an aquaculture pond with a solar pool blanket. *Aquaculture*, 26(3-4), 385-387. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(82\)90171-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90171-5)
- Wurmann, C., Soto, D., & Norambueba, R. (2022). Regional review on status and trends in aquaculture development in Latin America and the Caribbean – 2020. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7811en>
- Xu, B., Wang, X., Liu, J., Wu, J., Zhao, Y., & Cao, W. (2017). Improving Urban Stormwater Runoff Quality by Nutrient Removal through Floating Treatment Wetlands and Vegetation Harvest. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07439-7>

ANEXOS

ANEXO 1 Limpieza de estanque



ANEXO 2 Corte transversal de la manguera utilizada en la instalación de la manta solar.



ANEXO 3 Embalaje del plástico empleado como cobertura para manta solar



ANEXO 4 Instalación de tabloncillos en la compuerta del estanque para control de flujo.



ANEXO 5 Abastecimiento de agua en el estanque.



ANEXO 6 Instalación de manta solar 25% de cobertura.



ANEXO 7 Instalación de manta solar 50% de cobertura.



ANEXO 8 Instalación de manta solar 75% de cobertura.



ANEXO 10 Medición del pH en el agua del estanque experimental.



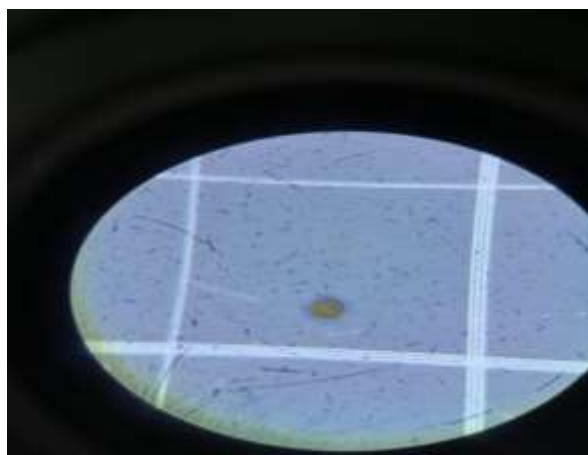
ANEXO 9 Medición de temperatura y oxígeno disuelto en el estanque experimental.



ANEXO 11 Análisis y conteo de microalgas en muestras de agua del estanque.



ANEXO 12 Visualización de microalgas en cámara de Neubauer.



ANEXO 13. MS cobertura del 50%

Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
26/5/2025	23:00	Superficie con manta	27,6	3,2	
26/5/2025	23:00	Fondo con manta	27,6	3,1	
26/5/2025	23:00	Superficie con manta	27,5	3,2	
26/5/2025	23:00	Fondo con manta	27,5	3,1	
26/5/2025	23:00	Superficie sin manta	27,6	3,1	
26/5/2025	23:00	Fondo sin manta	27,5	2,9	
26/5/2025	23:00	Superficie sin manta	27,5	3,0	
26/5/2025	23:00	Fondo sin manta	27,5	2,9	
27/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	2,6	
27/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,1	2,4	7,9
27/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	2,5	
27/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,1	2,4	
27/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	2,5	
27/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,1	2,3	
27/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	2,4	
27/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,0	2,3	
Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
27/5/2025	23:00	Superficie con manta	27,8	4,2	
27/5/2025	23:00	Fondo con manta	27,8	3,9	
27/5/2025	23:00	Superficie con manta	27,7	4,4	
27/5/2025	23:00	Fondo con manta	27,7	4,4	
27/5/2025	23:00	Superficie sin manta	27,9	4,4	
27/5/2025	23:00	Fondo sin manta	27,8	4,4	
27/5/2025	23:00	Superficie sin manta	27,9	4,4	
27/5/2025	23:00	Fondo sin manta	27,9	4,4	
28/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	3,6	
28/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,1	3,6	7,8
28/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,2	3,6	
28/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,2	3,5	
28/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,3	3,5	
28/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,3	3,4	
28/5/2025	8:00	Superficie con manta	27,3	3,5	
28/5/2025	8:00	Fondo con manta	27,3	3,4	
Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
29/5/2025	23:00	Superficie con manta	27,0	5,3	
29/5/2025	23:00	Fondo con manta	27,0	4,0	
29/5/2025	23:00	Superficie con manta	26,8	5,6	
29/5/2025	23:00	Fondo con manta	26,8	4,6	
29/5/2025	23:00	Superficie sin manta	26,9	5,7	
29/5/2025	23:00	Fondo sin manta	26,9	4,3	
29/5/2025	23:00	Superficie sin manta	26,9	5,8	
29/5/2025	23:00	Fondo sin manta	26,9	4,6	
30/5/2025	8:00	Superficie con manta	26,5	4,4	
30/5/2025	8:00	Fondo con manta	26,5	3,8	7,9
30/5/2025	8:00	Superficie con manta	26,5	3,5	
30/5/2025	8:00	Fondo con manta	26,5	3,6	
30/5/2025	8:00	Superficie con manta	26,5	3,0	
30/5/2025	8:00	Fondo con manta	26,5	2,5	
30/5/2025	8:00	Superficie con manta	26,5	3,0	
30/5/2025	8:00	Fondo con manta	26,5	2,4	

ANEXO 14 MS cobertura del 75%

Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
2/6/2025	23:00	Superficie con manta	27,6	8,3	
2/6/2025	23:00	Fondo con manta	27,6	8,0	
2/6/2025	23:00	Superficie con manta	27,7	7,9	
2/6/2025	23:00	Fondo con manta	27,7	7,5	
2/6/2025	23:00	Superficie con manta	27,6	8,3	
2/6/2025	23:00	Fondo con manta	27,6	8,0	
2/6/2025	23:00	Superficie sin manta	27,7	8,8	
2/6/2025	23:00	Fondo sin manta	27,7	7,1	
3/6/2025	8:00	Superficie con manta	26,8	5,4	
3/6/2025	8:00	Fondo con manta	26,9	4,9	7,9
3/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,1	5,9	
3/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,1	4,6	
3/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,2	5,9	
3/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,2	5,9	
3/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,2	6,0	
3/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,2	4,9	
Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
3/6/2025	23:00	Superficie con manta	27,8	6,2	
3/6/2025	23:00	Fondo con manta	27,6	4,9	
3/6/2025	23:00	Superficie con manta	28,1	6,0	
3/6/2025	23:00	Fondo con manta	28,0	4,3	
3/6/2025	23:00	Superficie con manta	28,1	6,1	
3/6/2025	23:00	Fondo con manta	27,9	3,2	
3/6/2025	23:00	Superficie sin manta	28,2	6,4	
3/6/2025	23:00	Fondo sin manta	28,1	3,3	
4/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,0	5,0	
4/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,2	4,3	8,2
4/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,3	4,8	
4/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,3	4,0	
4/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,5	5,7	
4/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,4	3,6	
4/6/2025	8:00	Superficie con manta	27,5	5,2	
4/6/2025	8:00	Fondo con manta	27,5	4,1	
Fecha	Hora	Sector	Temperatura	Oxígeno	pH
5/6/2025	23:00	Superficie con manta	26,4	5,3	
5/6/2025	23:00	Fondo con manta	26,4	4,2	
5/6/2025	23:00	Superficie con manta	26,5	5,0	
5/6/2025	23:00	Fondo con manta	26,5	4,7	
5/6/2025	23:00	Superficie con manta	26,3	5,2	
5/6/2025	23:00	Fondo con manta	26,3	4,4	
5/6/2025	23:00	Superficie sin manta	26,4	5,4	
5/6/2025	23:00	Fondo sin manta	26,4	4,2	
6/6/2025	8:00	Superficie con manta	25,6	4,1	
6/6/2025	8:00	Fondo con manta	25,6	3,4	8,0
6/6/2025	8:00	Superficie con manta	25,5	4,0	
6/6/2025	8:00	Fondo con manta	25,5	2,6	
6/6/2025	8:00	Superficie con manta	25,7	4,1	
6/6/2025	8:00	Fondo con manta	25,7	2,8	
6/6/2025	8:00	Superficie con manta	25,8	4,0	
6/6/2025	8:00	Fondo con manta	25,8	2,5	