



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

## Trabajo de Graduación

Análisis de calidad de agua en estanque de cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos tipos de sustratos en la granja acuícola - Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 2021

### **Autores:**

Br. Jeffrey Antonio Orozco Méndez

Br. Jéssica Abigaíl Martínez López

### **Asesores:**

Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández

Jonny Enrique Maradiaga Useda M.Sc.

**Managua, Nicaragua**

**Julio, 2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

**Trabajo de Graduación**

Análisis de calidad de agua en estanque de cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos tipos de sustratos en la granja acuícola - Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, 2021

**Autores:**

Br. Jeffrey Antonio Orozco Méndez

Br. Jéssica Abigaíl Martínez López

**Asesores:**

Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández

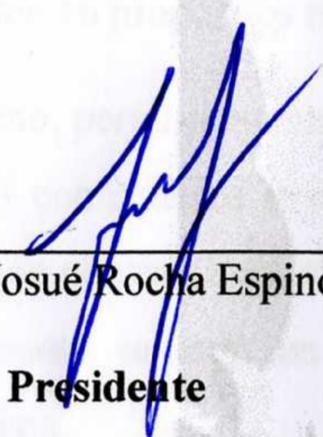
Jonny Enrique Maradiaga Useda M.Sc.

**Managua, Nicaragua**

**Julio, 2022**

Este trabajo de graduación, de investigación, fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la facultad de Ciencia Animal como requisito parcial para optar al título profesional de:

**Ingeniero Zootecnista**



---

M.Sc. Josué Rocha Espinoza

**Presidente**



---

Ing. Santiago Gutiérrez González

**Secretario**

la Centenaria  
del agro

**Lugar y fecha:** Auditorio CECAP. Managua 11 de julio de 2022

Dr. Jeffrey Andrés Cruz Méndez

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de culminación de estudios principalmente al creador, por haberme dado la vida, la sabiduría, el entendimiento y dirección para permitirme hoy cosechar este logro tan fundamental e importante de mi formación como profesional.

A mi madre Martha Méndez, por ser el segundo pilar después de Dios, más importante en mi vida, por enseñarme siempre con el ejemplo y educación, que, con amor, disciplina, trabajo arduo e inteligente, perseverancia y fe en el señor, los sueños dejan de ser una imaginación y se convierten en propósitos reales en nuestra vida.

Por último, pero no menos importante, dedico este proyecto de tesis a aquel pequeño grupo de amigos y compañeros de estudio que me acompañaron durante este largo camino, que creyeron en mí, que confiaron en el proceso y la trascendencia de estos cinco años de carrera; y que en su momento jugaron un papel muy clave en mi formación académica como ingeniero zootecnista.

**Br. Jeffrey Antonio Orozco Méndez**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo investigativo como culminación de estudio primeramente a mi Dios por acompañarme en este proceso de formación personal, por darme salud, sabiduría, ayudarme a superar cada día como persona y poder graduarme como Ingeniera zootecnista.

A mis padres Jairo Antonio Martínez Ortega y Angela del Carmen López Reyes, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para llegar a ser lo que soy hoy en día, una persona honesta, con principios y valores a quien les debo este triunfo profesional. A mi cuñada Zayda Nayiva Rugama Taleno de igual manera me siento muy agradecida por su gran apoyo incondicional para mi vida, sus consejos y ayuda en este proceso de mi formación profesional.

A nuestros tutores Jonny Enrique Maradiaga Useda M.Sc. y al Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández por su apoyo, dedicación, enseñanzas y colaboración durante todo este proceso.

**Br. Jéssica Abigaíl Martínez López**

## AGRADECIMIENTOS

Nuestros mayores agradecimientos van dirigidos hacia Dios, por ser él, nuestro guía y dirección; por habernos brindado salud, sabiduría y fortaleza para superar día tras día, los retos y obstáculos que se nos presentaron en el camino rumbo a la culminación de este anhelado objetivo.

A nuestros padres y demás familia, quienes estuvieron con nosotros desde un inicio, y que siempre nos brindaron su apoyo incondicional en medio de tantas adversidades y situaciones complejas de la vida diaria.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), por darnos la oportunidad de prepararnos profesionalmente en esta reconocidísima alma mater de las ciencias agrarias, por la educación de calidad y la excelencia en principios y valores que se transmiten de docentes a estudiantes.

Agradecemos a los colaboradores de campo de la Granja Acuícola de la Universidad Nacional Agraria, Yasser Pérez Álvarez y Holman Ortega López, por el apoyo técnico y de carácter humano que nos proporcionaron.

Finalmente expresamos nuestro más grande y sincero agradecimiento a los asesores, Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández y Jonny Enrique Maradiaga Useda M.Sc., principales colaboradores durante todo este proceso, quienes, con su dirección, amplia experiencia y conocimiento, enseñanza y compromiso permitieron el desarrollo de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
III MARCO DE REFERENCIA	4
3.1 Antecedentes	4
3.2 Composición del agua de un estanque	7
3.3 Cambios de la composición del agua	9
3.4 Calidad de agua	10
3.5 Parámetros físico-químicos de la calidad de agua	11
3.5.1 Temperatura del agua (°C)	11
3.5.2 Oxígeno disuelto (mg/l)	11
3.5.3 Potencial de iones de hidrógeno (pH= -log[H <sup>+</sup> ])	12
3.5.4 Transparencia del agua (visibilidad cm)	12
3.6 Importancia de calidad de agua en cultivo de Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	13

3.7 Generalidades de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	13
3.8 Crecimiento de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	14
3.9 Aspectos importantes para el crecimiento de Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	15
3.9.1 Alimentación	15
3.9.2 Manejo técnico	18
3.9.3 Calidad del agua	18
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	19
4.1 Ubicación del área del estudio	19
4.2 Tipo de estudio	20
4.3 Unidades experimentales	20
4.4 Manejo del experimento	21
4.4.1 Actividades rutinarias realizadas en los estanques	21
4.4.2 Alimentación de los peces	21
4.5 Tratamientos en estudio	23
4.6 Diseño experimental y análisis estadístico	23
4.7 Instrumentos de medición	24
4.8 Variables a evaluar	25
4.8.1 Temperatura del agua (°C)	25
4.8.2 Oxígeno disuelto (mg/l)	25
4.8.3 Potencial iones de hidrógeno (escala logarítmica 0 a 14)	25
4.8.4 Transparencia del agua (cm)	25
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	26
5.1 Comportamiento promedio de los parámetros físico-químicos	26
5.1.1 Comportamiento de temperatura	26
5.1.2 Comportamiento de oxígeno disuelto	27

5.1.3 Comportamiento de pH	29
5.1.4 Comportamiento de transparencia	31
5.2 Comportamiento de interacción entre los parámetros de la calidad de agua	33
5.2.2 Temperatura del agua vs Oxígeno disuelto (abril – junio)	33
5.2.3 Oxígeno disuelto vs Transparencia del agua (abril – junio)	34
5.2.4 Oxígeno disuelto vs pH (abril – junio)	34
<b>VI CONCLUSIONES</b>	36
<b>VII LITERATURA CITADA</b>	37
<b>VIII ANEXOS</b>	40

---

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Composición física – química de la calidad agua de un estanque	7
2. Valores aceptables de sustancias inorgánicas presentes en el agua de estanques	8
3. Requerimiento de proteína utilizada en la granja acuícola UNA	16
4. Raciones de alimento por día para tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	17
5. Ración de alimento en relación al peso utilizado en la granja acuícola UNA	17
6. Estándares establecidos para definir la calidad de agua	18
7. Dimensiones y capacidad de volumen de agua en las 6 unidades experimentales	20
8. Datos biotécnicos en unidades de estudio Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	20
9. Actividades realizadas durante el experimento	21
10. Tipo y frecuencia de alimentación según las fases de cultivo	22
11. Distribución de los tratamientos y repeticiones por cada factor	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Tracto digestivo de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	14
2. Ubicación geográfica de la granja acuícola UNA donde se realizó el ensayo.	19
3. Comportamiento promedio diario de temperatura abril-junio 2021.	27
4. Comportamiento promedio diario del oxígeno disuelto abril-junio 2021.	29
5. Comportamiento promedio diario de pH abril-junio 2021.	31
6. Comportamiento promedio diario de transparencia del agua abril-junio 2021.	33
7. Comportamiento de interacción del OD versus las variables TA (a), VS (b) y pH (c).	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Medición del parámetro pH	41
2. Medición de los parámetros oxígeno disuelto y temperatura del agua	41
3. Medición del parámetro transparencia del agua	42
4. Estanque sustrato de concreto A-1	42
5. Estanque sustrato de concreto D-2	43
6. Estanque sustrato de concreto D-3	43
7. Estanques sustrato de tierra B-3	44
8. Estanque sustrato de tierra B-4	44
9. Estanque sustrato de tierra C-7	45
10. Medidor portátil de temperatura y oxígeno disuelto Oxygen Meter	45
11. Medidor de pH Waterproof	46
12. Disco secchi utilizado para lecturas de transparencia del agua	46
13. Formato de registro de parámetros físicos-químicos	47
14. Datos de temperatura promedio diario (abril-junio 2021)	47
15. Dimensión, densidad de siembra y temperatura por tipo y grupo de estanque	48
16. Análisis de varianza de temperatura promedio diaria	48
17. Test: Tukey Alfa=0.05 temperatura	49
18. Análisis de la varianza (SC tipo I) temperatura	49
19. Test: Tukey Alfa=0.05 temperatura	49
20. Datos de oxígeno disuelto promedio diario (abril-junio 2021)	50
21. Dimensión, densidad de siembra y oxígeno disuelto por tipo y grupo de estanque	50
22. Análisis de varianza del oxígeno disuelto promedio diario	50
23. Análisis de la varianza (SC tipo I) oxígeno disuelto	50
24. Test: Tukey Alfa=0.05 oxígeno disuelto	51
25. Test: Tukey Alfa=0.05 oxígeno disuelto	51
26. Datos de pH promedio diario (abril-junio 2021)	51
27. Dimensión, densidad de siembra y pH por tipo y grupo de estanque	52
28. Análisis de varianza del pH promedio diario	52
29. Análisis de la varianza (SC tipo I) pH	52

30. Test: Tukey Alfa=0.05 pH	53
31. Test: Tukey Alfa=0.05 pH	53
32. Datos de transparencia promedio diario (abril-junio 2021)	53
33. Dimensión, densidad de siembra y transparencia por tipo y grupo de estanque	54
34. Análisis de varianza de la transparencia promedio diario	54
35. Análisis de la varianza (SC tipo I) transparencia	54
36. Test: Tukey Alfa=0.05 transparencia	55
37. Test: Tukey Alfa=0.05 transparencia	55

---

## RESUMEN

En el presente estudio se realizó un análisis de calidad de agua en estanque de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos tipos de sustrato (concreto y tierra), durante un período de 62 días (19 de abril hasta el 19 de junio 2021). En la Granja demostrativa de cultivo de peces – UNA, ubicada en Managua, km 12 <sup>1/2</sup> carretera norte, 200 metros hacia el norte. Para el estudio se utilizaron 6 estanques (unidades experimentales) 3 con fondo de concreto y 3 con fondo de tierra, de diferentes dimensiones y fase de cultivo. Se utilizó un diseño experimental del tipo de parcelas divididas, distribuidos en seis tratamientos T1: estanque A1, T2: estanque D2, T3: estanque D3, T1: estanque B3, T2: estanque B4 y T3: estanque C7 con tres repeticiones de monitoreo R1: a.m., R2: m.d. y R3: p.m. Los parámetros físicos – químicos evaluados fueron: Temperatura, Oxígeno disuelto, pH y Transparencia del agua. Se registraron variaciones significativas ( $p < 0.05$ ) en los grados de temperatura en los seis estanques durante todo el período, presentándose las más altas en los estanques de sustrato de concreto T1: A1 (30.36°C), T2: D2 (30.45°C) Y T3: D3 (30.19°C) manejándose dentro de los rangos óptimos para cultivo, el oxígeno disuelto se mantuvo dentro de los rangos óptimos, presentando un comportamiento más alto ( $p < 0.05$ ) en los estanques de concreto: T1: A1 (8.36mg/l), T2: D2 (8.04mg/l) y T3: D3 (9.02mg/l). El pH fue más alto en los estanques de concreto ( $p < 0.05$ ) T1: A1 (8.86), T2: D2 (8.98) y T3: D3 (9.00) dicho parámetro se mantuvo en el límite superior del rango óptimo. En cuanto a la transparencia del agua, esta estuvo fuera de los rangos óptimos recomendados, presentando una variación más alta en los estanques de concreto ( $p < 0.05$ ) T1: A1 (60.89cm), T2: D2 (51.61cm) y T3: D3 (50.48cm). Así mismo, al relacionar la temperatura del agua con el oxígeno disuelto, transparencia con oxígeno disuelto y pH con oxígeno disuelto se demostró que hay un efecto inversamente proporcional.

**Palabras claves:** Acuicultura, materia orgánica, sustancias disueltas, indicadores técnicos, interacción, variación

## ABSTRACT

In the present study, an analysis of water quality was carried out in a tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture pond in two types of substrate (concrete and earth), during a period of 62 days (April 19 to June 19, 2021). At the Fish Farm Demonstration Farm - UNA, located in Managua, km 12 1/2 north road, 200 meters to the north. For the study, 6 ponds (experimental units) were used, 3 with a concrete bottom and 3 with an earth bottom, of different dimensions and cultivation phase. An experimental design of the type of divided plots was used, distributed in six treatments T1: pond A1, T2: pond D2, T3: pond D3, T1: pond B3, T2: pond B4 and T3: pond C7 with three repetitions of monitoring R1: am, R2: m.d. and R3: pm. The physical and chemical parameters evaluated were: temperature, dissolved oxygen, pH and transparency of the water. Significant variations ( $p < 0.05$ ) were recorded in the degrees of temperature in the six ponds throughout the period, with the highest in concrete substrate ponds T1: A1 ( $30.36^{\circ}\text{C}$ ), T2: D2 ( $30.45^{\circ}\text{C}$ ) And T3: D3 ( $30.19^{\circ}\text{C}$ ) managing within the optimal ranges for cultivation, dissolved oxygen remained within the optimal ranges, presenting a higher behavior ( $p < 0.05$ ) in the concrete ponds: T1: A1 ( $8.36\text{mg/l}$ ), T2: D2 ( $8.04\text{mg/l}$ ) and T3: D3 ( $9.02\text{mg/l}$ ). The pH was higher in the concrete ponds ( $p < 0.05$ ) T1: A1 (8.86), T2: D2 (8.98) and T3: D3 (9.00), this parameter remained in the upper limit of the optimal range. As for the transparency of the water, this was outside the recommended optimal ranges, presenting a higher variation in the concrete ponds ( $p < 0.05$ ) T1: A1 (60.89cm), T2: D2 (51.61cm) and T3: D3 (50.48cm). Likewise, when relating the temperature of the water with dissolved oxygen, transparency with dissolved oxygen and pH with dissolved oxygen, it was shown that there is an inversely proportional effect.

**Keywords:** Aquaculture, organic matter, dissolved substances, technical indicators, interaction, variation

## I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua se determina por medio de propiedades físico – químicas, siendo las de mayor relevancia, temperatura del agua (°C), oxígeno disuelto (mg/l), potencial iones de hidrógeno (pH), transparencia del agua (cm), entre otras. Estos atributos inciden de forma positiva y/o negativa tanto en la parte productiva como reproductiva de los peces. Es importante que los indicadores del agua, se encuentren en los valores aceptables para el adecuado crecimiento de la especie en cultivo (Productor, 2017).

En principio, la calidad de agua obedece a una agrupación de atributos de origen físicos, químicos y biológicos, que interaccionan entre sí en el agua; ya sea en su estado natural o posterior de ser modificada por actividad del hombre. Muchas actividades que se realizan en la acuicultura invariablemente resultan en la emisión de productos metabólicos como desechos (orina y excrementos sólidos de los peces). Además, parte de la dieta suplementaria, la cual, no es consumida por los peces y su posterior descomposición, resultara en un mayor grado de contaminación en el agua (Zelaya, 1998).

Por otra parte, ciertas características mismas en el agua de los estanques, en acuicultura tienden a limitar vigorosamente la producción de la o las especies manejadas en ambientes cerrados; en particular, la dureza del agua, potencial de iones de hidrógeno, alcalinidad, minerales disueltos; las cuales, dependerán a la procedencia del manantial de agua, y de suelos. De igual manera, de elementos geológicos y de clima del lugar de origen. En el caso específico de tilapia (*Oreochromis niloticus*) se desarrolla mejor en aguas con ambiente cálidos y donde la tasa de producción primaria sea mayor (Egna y Boyd, 1997).

La inmensa cuantía de detritos y desperdicios que son generados en las masas de agua, en sectores a nivel de acuicultura y de más áreas en producción animal, desencadenan exuberantes desechos; como consecuencia, la calidad del agua se ve desfavorable en los sistemas de explotación (Hernández y Fajardo, 2019).

La principal fuente de contaminación que se genera en las explotaciones acuícolas es el alimento ya sea de forma directa al no ser consumido por el cultivo o indirectamente como desechos biogénicos. Dichos contaminantes son alimento, sólidos y productos de desecho disueltos. Todas estas sustancias tienden a reducir la diversidad de la fauna en sistemas acuáticos (Zelaya, 1998).

Es por ello, el papel fundamental que ejercen las buenas prácticas en el manejo de ambientes cerrados, actividades como, alimentación, fertilización de estanques, manejo de siembra y monitoreo de indicadores físicos – químicos; cumplen con tal rol. En función de ofrecer las condiciones medio ambientales óptimas para la especie en cultivo (Egna y Boyd, 1997).

El presente estudio se desarrolló en las instalaciones de la granja acuícola de la Universidad Nacional Agraria, con el objetivo de analizar los principales parámetros físicos – químicos del agua en estanques (temperatura, oxígeno disuelto, pH y transparencia) utilizada para la producción de peces; a fin que, se tomen precauciones en el manejo, alimentación y reproducción de la especie en cultivo y poder transmitir esa información a productores interesados en el cultivo de peces. Dado que, la Universidad Nacional Agraria está comprometida como parte de su visión en desarrollar procesos de investigaciones experimentales que proponga el desarrollo de las comunidades rurales mediante sistemas de producción amigables con el medio ambiente.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Analizar la calidad de agua en estanques de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con fondos de concreto y con fondos de tierra durante los meses de abril a junio 2021.

### 2.2 Objetivos específicos

- Sistematizar el registro de parámetros de calidad de agua (Temperatura del agua, Oxígeno disuelto, pH, Transparencia) en estanques fondos de concreto y fondos de tierra.
- Comparar parámetros físicos y químicos en estanques con dos tipos de sustratos (fondos de concreto y fondos de tierra).
- Evaluar la interacción de los diferentes parámetros físicos químicos y su efecto en la calidad de agua en ambos tipos de sustratos.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Antecedentes

Tradicionalmente Nicaragua ha sido un país agrícola ganadero, con actividad de pesca extractiva en ambos océanos:

En 1982 inicia el gobierno un programa de agro acuicultura y de repoblamiento de embalses, actividad que se desarrolló durante toda la década de los ochenta. En esos años se trabajaba con Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y Tilapia aurea (*Oreochromis aureus*), guapote (*Ciclasoma managüense*), y se introdujo carpas (*cyprinus carpio*) al país. Sin embargo, el gobierno a finales de los ochenta decidió cerrar el programa piscícola y concentrar los esfuerzos en el cultivo de camarón que parecía más promisorio (Saborío, 2006, p. 5)

Saborío (2006) afirma que:

La actividad piscícola está distribuida en la zona central norte, departamentos de Estelí, Matagalpa, Managua, Masaya, Jinotega y Madriz, siendo ésta unidades muy pequeñas y familiares. La mayor unidad de producción piscícola es de Tilapia en jaulas en el lago de Nicaragua (p. 7)

Así, de acuerdo a lo establecido históricamente podemos mencionar que: “En el caso de la piscicultura la tilapia, fue introducida al mismo tiempo que en toda Centroamérica a finales de los años 50. Posterior a esta fecha otras variedades fueron introducidas en los años 80” (Saborío, 2006, p. 8).

González (2015) al establecer un cultivo con alevines de (*Oreochromis niloticus*), en dos estanques de tierra de 300 m<sup>2</sup> y 242 m<sup>2</sup>, utilizando la supertilapia o mejor conocida como GIFT que es cultivada genéticamente mejorada, como su nombre en inglés lo indica, en el Municipio de Pueblo Nuevo, departamento de Estelí, Nicaragua, obtuvo los siguientes resultados para los parámetros físico-químicos evaluados:

En relación a los parámetros de calidad de agua, se obtuvieron para el estanque de 300 m<sup>2</sup>: temperatura de 23.3°C a 28.8°C, oxígeno disuelto de 3.4 mg/l a 9.2 mg/l, pH de 6.8 a 8.0, turbidez de 16 cm a 35 cm. Para el estanque de 242 m<sup>2</sup>, un valor de temperatura de 23.0°C a 30.2°C, oxígeno disuelto de 3.2 mg/l a 14.1 mg/l, pH de 6.7 a 8.8) y transparencia de 20 cm a 27 cm.

Así mismo, González (2015) empleando alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*), utilizando la supertilapia o mejor conocida como GIFT, en dos tipos de estanques fondo de tierra y fondo de concreto, en el Municipio de San Juan de Limay, Estelí, Nicaragua, reporto los siguientes rangos:

Para estanque de tierra 108 m<sup>2</sup>: un valor de temperatura de 25.5°C a 28.6°C, oxígeno disuelto de 4.2 mg/l a 8.2 mg/l, pH de 7.0 a 8.4, valor de turbidez de 20 cm a 25 cm. En estanque de fondo de concreto 42 m<sup>2</sup>: la temperatura oscilo de 26.4°C a 28.5°C, oxígeno disuelto de 4.0 mg/l a 8.1 mg/l, un pH de 6.9 a 9.1 y un rango de transparencia de 20 cm a 35 cm.

Corrales (2018) quien utilizó tilapia (*Oreochromis niloticus*), en tanques de geomembrana, RACCS, Bluefield, Nicaragua, destaco para parámetros físicos-químicos: Para el parámetro temperatura, éste oscilo 28.1°C a 30.9°C y 28.0°C a 26.1°C y el parámetro de oxígeno disuelto 1.3 mg/l a 5.7 mg/l y 5.41 mg/l a 2.3 mg/l.

Ancajima (2018) empleó alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a fin de valorar densidad de siembra sobre crecimiento, registro los siguientes valores para efectos de calidad de agua:

En relación a los parámetros de calidad de agua se obtuvieron: para el pH valores de 6.00 - 9.00, oxígeno disuelto (OD) de 4.64 – 12.59 mg/l, la temperatura (°C) de 17-31°C y finalmente la transparencia en un rango de 25 - 45 cm de profundidad (p. 53).

Autores como Perdomo *et al.*, (2012) quienes en un estudio realizado en una granja comercial de producción intensiva de tilapia roja (*Oreochromis spp*) evaluaron parámetros zootécnicos e indicadores de calidad de agua, reportando los siguientes:

Al finalizar la fase de experimentación, en cuanto a los parámetros del agua se registraron rangos similares a los requeridos por la especie: Levante pH  $7.8 \pm 0.4$  Min 6.7 Max 7.9 Oxígeno disuelto  $3.6 \pm 0.7$  Min 2.7 Max 4.6 Temperatura  $28.1 \pm 0.6$  Min 27.3 Max 28.9 Transparencia  $42.4 \pm 1.4$  Min 40.0 Max 44.0, Pre engorde pH  $7.1 \pm 0.2$ , Min 6.7 Max 7.3 Oxígeno disuelto  $4.1 \pm 0.9$  Min 2.7 Max 5.1 Temperatura  $28.0 \pm 0.5$ , Min 27.3 Max 28.9 Transparencia  $42.4 \pm 1.3$  Min 40.0 Max 44.0 Engorde pH  $7.5 \pm 0.5$  Min 7.0 Max 8.0 Oxígeno disuelto  $4.1 \pm 0.9$  Min 2.4 Max 4.9 Temperatura  $27.8 \pm 0.3$  Min 27.2 Max 29.1 Transparencia  $39.4 \pm 5.2$  Min 35.0 Max 46.0 (p. 5 - 6).

### 3.2 Composición del agua de un estanque

El agua de un estanque engloba a dos conjuntos particularmente de sustancias, están las disueltas, en las que forman parte (gases, minerales y compuestos orgánicos); y fragmentos en suspensión integradas por (fracciones muertas de animales y plantas pequeñas, como el plancton).

Cuadro 1. Composición física – química de la calidad agua de un estanque

<b>Grupo de sustancias disueltas</b>	<b>Descripción</b>
Gases	Oxígeno disuelto Dióxido de carbono Sulfuro de hidrógeno Amoníaco
Minerales	Sales de calcio Magnesio Sodio Potasio Hierro Fosforo
Compuestos orgánicos	Proteínas Carbohidratos Nitritos Nitratos
Partículas muertas	Minerales como limo y arcilla Material orgánico como detritos, organismos muertos, humus. Alimento no consumido
Organismos vivos microscópicos	Variedades de plantas (fitoplancton) Variedades de animales (zooplancton)

Fuente: FAO (*s.f*)

Cuadro 2. Valores aceptables de sustancias inorgánicas presentes en el agua de estanques

<b>Elemento</b>	<b>Forma en agua</b>	<b>Concentración objetivo</b>
Oxígeno	Oxígeno molecular (O <sub>2</sub> )	5 – 15 mg/l
Hidrógeno	H <sup>+</sup> [-log(H <sup>+</sup> ) = pH]	pH 7 – 9
Nitrógeno	Nitrógeno molecular (N <sub>2</sub> )	Saturación o menor
	Amonio ionizado (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0.2 – 2 mg/l
	Amonio no ionizado (NH <sub>3</sub> )	< 0.1 mg/l
	Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.2 – 10 mg/l
	Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 0.23 mg/l
	Sulfuro	Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )
	Sulfuro de hidrógeno	No detectable
Carbono	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1 – 10 mg/l
Calcio	Ion de calcio (Ca <sup>2+</sup> )	100 – 500 mg/l
Magnesio	Ion de magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	100 – 1,500 mg/l
Potasio	Ion de potasio (K <sup>+</sup> )	100 – 400 mg/l
Bicarbonato	Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	75 – 300 mg/l
Carbonato	Carbonato ionizado (CO <sub>3</sub> )	0 – 20 mg/l
Cloro	Ion de cloro (Cl <sup>-</sup> )	2,000 – 20,000 mg/l
Fósforo	Ion de fosfato (HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ),	0.005 – 0.2 mg/l
Hierro <sup>1</sup>	Hierro total	0.05 – 0.5 mg/l
Manganeso <sup>1</sup>	Ion Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	0 mg/l
Zinc <sup>1</sup>	Zinc total	0.01 – 0.005 mg/l
Cobre <sup>1</sup>	Ion cobre (Cu <sup>2+</sup> )	< 0.005 mg/l
	Cobre total	0.005 – 0.01 mg/l
Boron <sup>1</sup>	Borato (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.05 – 1 mg/l
Molibdeno <sup>1</sup>	Molibdato (MoO <sub>3</sub> )	Trazas
Salinidad	Total, de todos iones	5,000 – 35, 000 mg/l

Fuente: Boyd (2017)

### 3.3 Cambios de la composición del agua

La composición del agua en ambientes cerrados (ambientes piscícolas) varía constantemente, producto a factores extrínsecos e intrínsecos, los cuales, están relacionados con la estación del año, actividades de manejo en los estanques y cambios en el clima:

El objetivo de un buen manejo es controlar la composición del agua para lograr las mejores condiciones para los peces. La característica del agua de un estanque depende del agua que se ha utilizado para llenarlo y de las características del suelo. De todas maneras, en el agua misma se produce algunos importantes procesos químicos (FAO, *s.f*).

Tales procesos químicos son la respiración en animales y plantas, que, al consumir oxígeno, dan lugar a la liberación de dióxido de carbono; otro proceso que transcurre es la fotosíntesis, únicamente para las plantas, al cual, se da lugar cuando existe una buena fuente de luz solar. Por otro lado, el dióxido de carbono liberado es utilizado por los organismos vegetales para regenerar tejidos y estas a la vez, producir oxígeno. Por último, está el proceso de descomposición, llevado a cabo por bacterias, que descomponen organismos vegetales y animales muertos.

Estos procesos cambian persistentemente la composición del agua, durante el día las concentraciones de oxígeno aumentan; decreciendo las de dióxido de carbono; y por las noches, este último aumenta su contenido, por medio del proceso de respiración (FAO, *s.f*).

En la medida que aumente el grado de población de organismos en el agua de un estanque, (flora, fauna y microscópicos) mayores serán las variaciones que esta experimentara en su composición:

En estanques con considerable cantidad de peces, los cambios son relevantes y demandan manejos muy metódicos. Debido a que, dichos procesos se encuentran en constante modificación por la temperatura del agua; a medida que esta se vuelve más caliente, más se aligeran los procesos y mayores transformaciones sufre la composición del agua (FAO, *s.f.*).

### 3.4 Calidad de agua

Conceptualmente, la calidad de agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua en su estado natural o después de ser alteradas por la acción del hombre (Zelaya, 1998).

La investigación en curso trata sobre el análisis y monitoreo de la calidad de agua en estanques de cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) la cual, está definida por sus características físico – químicas; destacando las siguientes cuatro, como principales indicadores de calidad (temperatura del agua, oxígeno disuelto, potencial de iones de hidrógeno y transparencia del agua) para mejorar el nivel de producción. Siendo necesario que tales parámetros se encuentren en el rango aceptable para un adecuado crecimiento de la especie.

Por medio del monitoreo de los diferentes parámetros físicos – químicos se puede comprender las interacciones que ocurren en el agua y de esa manera, entender los efectos que inciden en la alimentación, crecimiento y salud de las especies en cultivo; así mismo el registro de estos parámetros permitirán a los acuicultores percibir los diferentes cambios en los estanques y tomar decisiones precisas que contribuyan a corregir dichos cambios de manera rápida (Mayer, 2015).

El crecimiento y la buena producción en el establecimiento de peces dependerá en gran medida, de las consideraciones y estrategias dirigidas a conservar la calidad del agua; la cual está determinada por condiciones físico – químicas, que, según la especie a cultivar, deberá estar entre los valores de aceptabilidad (Bautista y Ruíz, 2011).

Para determinar calidad del agua, se realizan comparaciones de sus propiedades físico – químicas, a través de muestras; a fin de preservar la sanidad tanto de los seres humanos, como de organismos acuáticos sometidos a explotación comercial. En cuanto a los niveles de toxicidad aceptables para el cultivo (Ruíz, 2015).

### 3.5 Parámetros físico – químicos de la calidad de agua

Según Saavedra (2006) los principales parámetros físico – químicos que determinan las condiciones medioambientales, adecuadas de calidad de agua en estanques de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) son, temperatura del agua, oxígeno, pH y transparencia (turbidez).

El estado del tiempo es un factor principal en las variaciones en el oxígeno disuelto particularmente si el clima se encuentra nublado. Otros factores muy importantes que influyen son: Temperatura, salinidad del agua y pH de agua, aunque (*Oreochromis niloticus*) puede sobrevivir bajo condiciones limitadas de oxígeno disuelto de hasta 1.0 mg/l. Las condiciones óptimas para conservar un normal crecimiento y disminuir la mortalidad, es con valores superiores a 4.5 mg/l Blanco *et al.*, (2017).

#### 3.5.1 Temperatura del agua (°C)

En lo que respecta a la temperatura, el rango óptimo para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) oscila de 28 – 32 °C, valores por debajo de estos rangos cercanos a 15°C causan una limitación en el consumo de alimento, y a 12°C no sobreviven por mucho tiempo; por el contrario, cuando los valores son mayores a 30°C, los peces incrementan el consumo de oxígeno disuelto (Saavedra, 2006).

#### 3.5.2 Oxígeno disuelto (mg/l)

El oxígeno disuelto es un indicador importante en la calidad de agua, si bien las tilapias (*Oreochromis niloticus*) toleran niveles bajos de dicho parámetro 1mg/l, de no mantenerse las concentraciones en rangos apropiados < 4mg/l, como consecuencia directa, repercute en el crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia; De tal manera que, se vuelven más propensos a adquirir enfermedades de origen infeccioso (Baltazar y Palomino, 2004).

Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) se distingue y caracteriza por tener un amplio margen de transigencia, que le facilita adaptarse a diferentes circunstancias naturales, respecto al ambiente de calidad de agua; a diferencia de otras especies de cultivo. “Es bastante tolerante a concentraciones bajas de oxígeno disuelto, se adapta a una franja amplia de acidez y alcalinidad del agua, puede producirse en aguas salubres y saladas, tolerando mayores concentraciones de amoníaco frente a otros peces de cultivo” (Luchini, 2006, p.5).

### **3.5.3 Potencial de iones de hidrógeno (pH= -log[H<sup>+</sup>])**

La tilapia se desarrolla bien en aguas con valores de pH entre 6.5 a 9.0 (aguas neutras o ligeramente alcalinas). El crecimiento se ve reducido en aguas ácidas (>5.0); siendo el límite máximo de 11 (Saavedra, 2006).

Luchini (2006) registró un nivel de sobrevivencia del 40% con cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques, cuyas aguas concentraban valores de pH de 4.0. Manejándose como valores aceptables entre 6.5 a 8.5. Concentraciones por debajo (>2.0 pH) sobreviven durante un lapso de 12 horas.

### **3.5.4 Transparencia del agua (visibilidad cm)**

La turbidez es generada producto de las fracciones que se encuentran en disolución (arcilla, humus, detritos, entre otras.). Provocada por tales fracciones que componen los grupos coloidales; es decir, mismas que debido a su volumen permanecen suspendidas, reduciendo la transparencia del agua (Bautista y Ruíz, 2011).

Tal indicador posee dos patrones en su efecto, el primero está dirigido al medio y es debido a la diseminación de luz solar; el segundo ejerce de forma mecánica rectamente en los peces, impidiendo la entrada de radiación solar, limitando así la producción natural en el estanque (Velazco, 2005).

Los valores de transparencia del agua determinados para tilapia (*Oreochromis niloticus*) deberán mantenerse a una profundidad entre 20 y 30 cm; lecturas de disco secchi superiores a 30 cm, son un indicador de limitada turbidez y bajo rendimiento en los estanques (González *et al.*, 2011).

Otros indicadores que se evalúan en estanques de cultivo de tilapia son, la alcalinidad total, cuyos valores en agua deben concentrarse de 100 a 200 mg/l, los nitritos a 0.1 mg/l, nitratos resultados de la degeneración de amoníaco (no tóxico) en valor de 10 mg/l (Luchini, 2006).

Espín y Jurado (2019) afirman que los valores del indicador dureza en el agua para tilapias oscila de 20 – 350 mg/l de carbonato de calcio, cuyo valor óptimo es 75 mg/l, en lo que concierne a la alcalinidad, el valor en aguas blandas >100 ppm y en aguas duras, <100 ppm.

### 3.6 Importancia de calidad de agua en cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La calidad de agua es un componente vital que debe vigilarse constantemente en ambientes acuícolas, ya que, es el producto de la relación entre un conjunto de elementos, que, en muchos casos, el acuicultor tiene limitada participación. No obstante, diferentes resultados son debido a su intervención, llegando a evitarse estos últimos por medio de la prevención (López, 2005).

La importancia de la calidad de agua está influenciada tanto de variables físicas, químicas y de origen biológicas, como de las prácticas de manejo realizadas por los acuicultores, por mencionar algunas, fertilización, medición de variables, dieta secundaria, densidad en la siembra, entre otras. Qué cuyo objetivo principal es facilitar las condiciones adecuadas del ambiente, para garantizar el desarrollo y sobrevivencia de los peces (Corrales, 2018).

De acuerdo a Poot *et al.*, (2009) el factor fundamental en el cultivo y establecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) radica el manejar las características físico – químicas del agua dentro de los valores aceptables que garantice el desarrollo de los peces.

### 3.7 Generalidades de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Otros autores han afirmado lo siguiente:

Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) es una especie de pez originario de África que fue introducido a muchos países en el mundo. Se caracteriza por su capacidad de tolerar ambientes desfavorables en términos de calidad de agua, por su resistencia a enfermedades, de facilidad reproducción y de buen consumo en variedad de alimentos:

Presenta bandas negras verticales en la aleta caudal; pecho blanco; extremo de la aleta abdominal anterior al año; aleta dorsal con 16 a 18 espinas duras y 12 a 13 restantes suaves. Se suma la aleta caudal con 3 espinas duras y restantes 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas hacia arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral. (Pérez y Sáenz, 2015, p. 9)

### 3.8 Crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

El crecimiento de las tilapias es influenciado mayoritariamente por factores como, la calidad del alimento y cantidad consumida, debido en principio a que, estas poseen un estómago anatómicamente evidente, es decir, consumen alimento durante todas las horas del día; llegando a presentar una longitud de aproximadamente seis veces el largo de su cuerpo, más que de otros peces como por ejemplo el Pardo (*Pagrus pagrus*) y el guapote (*Parachromis managuensis*) (Pérez y Sáenz, 2015).



Figura 1. Tracto digestivo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Fuente: Propia

Para asegurar un adecuado y normal desarrollo en los peces, es de vitalidad, mantener las condiciones medio ambientales óptimas en los estanques; Dado que, alcanzar buenos rendimientos en la producción piscícola implica, como patrón principal, conservar la calidad del agua. Y esto se logra a partir de, la ejecución diaria en las actividades de manejo en los estanques de cultivo.

### 3.9 Aspectos importantes para el crecimiento de Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

#### 3.9.1 Alimentación

##### *Tipo de alimento*

Las tilapias tienen la capacidad de consumir una diversidad de alimentos de origen natural:

Entre los cuales figuran los siguientes: el plancton, hojas verdes, organismos bentónicos, desperdicios domésticos (no todas las especies), torta de soya, semillas, frutas fraccionadas, invertebrados acuáticos, bacterias y tejidos no digeridos en el abono adicionado al estanque, larvas de peces, detritus y materia orgánica en descomposición. (Corrales y Castro, 2013, p.7)

Por otra parte, está también la dieta secundaria, el cual es un alimento balanceado que complementa al natural (fitoplancton y zooplancton) que les aporta proteínas, vitaminas u otro requerimiento faltante del alimento principal:

Además de cubrir los requerimientos nutricionales del pez, el alimento suministrado debe cubrir otras exigencias como: El tamaño, que pueda ser ingerido por el pez, la palatabilidad; de sabor agradable al pez, flotabilidad; que se mantenga en la superficie del agua el mayor tiempo posible para que el productor pueda observar si lo consume el pez, la estabilidad; que no se desbarate al contacto con el agua. Así como, cumplir con todos los requerimientos de las normas que rigen la calidad de este. (Corrales y Castro, 2013, p.9)

Castillo (2021) afirma que:

El desarrollo de cualquier animal va a depender, en gran medida, en poder llenar sus requerimientos nutritivos básicos. En el cultivo de peces es necesario tener en cuenta en como contemplar la alimentación de los organismos y cuales nutrientes proveerles para poder lograr una producción elevada y rentable. (p.8)

Cuadro 3. Requerimiento de proteína utilizada en la granja acuícola UNA

<b>Fase de crecimiento</b>	<b>Proteína (%)</b>
Pre cría	45
Crecimiento	38
Engorde	32-38
Reproductores	32-38

Fuente: Castillo (2019)

### ***Cantidad de alimento***

Es en las fases de inicio de los peces donde la cantidad de raciones de alimento al día aumentan, y a medida que estos van creciendo disminuye la cantidad de raciones al día:

La cantidad de alimento diario a suministrar debe dividirse en raciones. El número de raciones a proporcionar será con base a la etapa de crecimiento, siendo mayor la cantidad de raciones al día cuando el pez está en etapas iniciales, y en menor cantidad conforme éste va creciendo. (Corrales y Castro, 2013, p.10)

Cuadro 4. Raciones de alimento por día para tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Etapa	Peso del pez (g)	Raciones al día (g)
Desarrollo	0.5	6
Pre – engorda	50 a 100	4
Engorda	100 a 500	3

Fuente: Corrales y Castro (2013)

Cuadro 5. Ración de alimento en relación al peso utilizado en la granja acuícola UNA

Peso en gramo	Ración de alimento en %/día
1-5	10
5-10	6
10-20	5
20-50	4
50-70	3
70-100	2
100-150	2
200-300	1.5
300-450	1.3

Fuente: Castillo (2019)

### ***Estrategia***

La alimentación en una sola orilla para animales de 1 a 50 g, permite que esta sea homogénea y eficiente; pues tal acción, no demanda grandes esfuerzos de nado. Por otra parte, la realización de la alimentación por todas las superficies del estanque es recomendada en peces superiores a 100 g, ya que, superiores a dicho peso, aumentan los instintos locales en diversos puntos del estanque.

Cuando se va a elegir la dieta balanceada para los peces, es de suma importancia, entender las diferentes maneras en que se distribuirá, considerando elementos como, número de peces, dimensión, estructura de los estanques y peso promedio de los peces. Asimismo, determinar un horario para ejecutar la alimentación:

Si el estanque es pequeño, bastará con suministrar alimento en un solo lugar, por el contrario, si el estanque es grande y la cantidad de peces también es importante establecer dos lados del estanque para que los peces de todos tamaños puedan llegar al alimento y consumirlo. (Calderón, 2018, p.30)

### 3.9.2 Manejo técnico

Para que un sistema de producción acuícola funcione correctamente y de manera eficiente, es necesario contar con un equipo de técnicos, especialistas y colaboradores de campo que se encuentren en constante capacitación técnica sobre la acuicultura, que contribuya al buen funcionamiento y desarrollo técnico – productivo en la granja, de tal manera que sea un negocio rentable.

### 3.9.3 Calidad del agua

Cuadro 6. Estándares establecidos para definir la calidad de agua

Parámetro	Rango mínimo	Rango máximo	Óptimo
Temperatura (°C)	25.0 °C	32.0 °C	20 – 30 °C
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.0 mg/l	9.0 mg/l	4.0 – 9.0 mg/l
Potencial de iones de hidrógeno (pH)	6.0	9.0	7.0 – 8.0
Transparencia (cm)	30 cm	35 cm	30 cm

Fuente: Saavedra (2006)

El aspecto de calidad de agua es el objetivo primordial de este estudio, para aportar desde el punto de vista científico – técnico al desarrollo en sistemas de producción acuícola, utilizando tilapia, amigables con el medio ambiente; en función de, facilitar información a productores dedicados al cultivo de tilapia y nuevos emprendedores que proyectan dedicarse al sector.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del área del estudio

El estudio se estableció en los meses de abril a junio 2021, en la “Granja demostrativa de cultivo de peces UNA” ubicada en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 12½ carretera norte, en el departamento de Managua. Las coordenadas geográficas de la zona son: 12° 08' 59" latitud norte y 86° 09' 45" longitud oeste, con una elevación de 54 msnm. La precipitación anual es de 1000 a 2000 mm, la temperatura anual es de 27 °C a 40 °C, la humedad relativa promedio anual es de 75 %, la dirección predominante de los vientos es del este, con pendiente entre 0 y 2 %. (INETER, 2017).



Figura 2. Ubicación geográfica de la granja acuícola UNA donde se realizó el ensayo. Fuente: Pérez *et al.*, (2019)

#### 4.2 Tipo de estudio

El estudio es de tipo experimental, el ensayo tuvo una duración de 62 días, iniciando el 19 de abril del 2021 y finalizando el 19 de junio del mismo año.

#### 4.3 Unidades experimentales

Cuadro 7. Dimensiones y capacidad de volumen de agua en las 6 unidades experimentales

<b>Estanque</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Capacidad en volumen de agua (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tipo de fondo</b>
A-1	10.4	5.1	1.3	69.7	Concreto
D-2	29.0	22.9	0.9	597.6	Concreto
D-3	30.5	20.5	0.8	500.2	Concreto
B-3	13.5	7.4	1.3	129.8	Tierra
B-4	13.5	7.3	1.3	128.1	Tierra
C-7	19.6	11.9	1.1	256.5	Tierra

Fuente: Referencia de la granja acuícola UNA

Cuadro 8. Datos biotécnicos en unidades de estudio Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

<b>Tipo de fondo</b>	<b>Estanque</b>	<b>Dimensiones /estanque (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Fase de cultivo</b>	<b>Densidad de siembra (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tamaño de peces (cm)</b>	<b>Peso de peces (g)</b>	<b>Población de peces/estanque</b>
Concreto	A1	53	Reproductor	5	13-15	100-150	300
	D2	664.1	Alevines	2	5	8	1500
	D3	625.2	Juveniles	2	8	15	1500
Tierra	B3	99.9	Reproductores	5	13-15	100-150	500
	B4	99.9	Reproductores	5	13-15	100-150	500
	C7	233.2	Engorde	5	20	200	1200

Fuente: Referencia granja acuícola UNA

#### 4.4 Manejo del experimento

##### 4.4.1 Actividades rutinarias realizadas en los estanques

En cuanto al manejo experimental, se dividieron en actividades propiamente a la toma de los parámetros físicos – químicos de calidad de agua evaluados en este estudio, y actividades conexas con el experimento.

Las principales actividades rutinarias que se tomaron en consideración, se muestran en el cuadro 9 con el objetivo de obtener datos precisos durante la fase de experimentación.

Cuadro 9. Actividades realizadas durante el experimento

Actividades en los estanques	Actividades conexas con el experimento
Calibración de equipos de medición	Apoyo en actividades de limpieza en granja
Medición de parámetros físico – químicos (temperatura, oxígeno disuelto, pH y transparencia)	Apoyo en actividad de alimentación
Llenado de registros de los datos	
Sistematización de datos	

Fuente: Propia

##### 4.4.2 Alimentación de los peces

Se mantuvo el protocolo de alimentación general de la granja para las seis unidades en estudio. La frecuencia en el suministro de alimento, varió con forme a las fases de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) establecidas en cada uno de los estanques de ambos tipos de sustratos. El alimento balanceado utilizado es elaborado en la planta procesadora de la Universidad Nacional Agraria, por Johnny Maradiaga MSc. En el cuadro 10, se presenta de forma más detallada el tipo de alimento y las horas de alimentación para cada fase de cultivo, en los estanques con fondo de concreto y fondo de tierra.

Cuadro 10. Tipo y frecuencia de alimentación según las fases de cultivo

Sustrato	Estanque	Fase de cultivo	Tipo de alimento	Ración al día	Hora de alimentación
Concreto	A1	Reproductores	Pellet (32% proteína)	1 tiempo	9:00 a.m.
					9:00 a.m.
Concreto	D2	Alevines	Harina (45% proteína)	4 tiempos	11:00 a.m.
					2:00 p.m.
					4:00 p.m.
					9:00 a.m.
Concreto	D3	Juveniles	Harina (45% proteína)	4 tiempos	11:00 a.m.
					2:00 p.m.
					4:00 p.m.
Tierra	B3	Reproductores	Pellet (32% proteína)	1 tiempo	9:00 a.m.
Tierra	B4	Reproductores	Pellet (32% proteína)	1 tiempo	9:00 a.m.
Tierra	C7	Engordes	Pellet (32% proteína)	2 tiempos	9:00 a.m.
					4:00 p.m.

Fuente: Referencia granja acuícola UNA

#### 4.5 Tratamientos en estudio

Se utilizaron seis tratamientos distribuidos en parcelas divididas con tres repeticiones

Cuadro 11. Distribución de los tratamientos y repeticiones por cada factor

<b>Factor A (Concreto)</b>	<b>Factor B (Tierra)</b>	<b>Repeticiones</b>
Tratamiento 1: estanque A1	Tratamiento 1: estanque B3	R1: monitoreo durante la a.m.
Tratamiento 2: estanque D2	Tratamiento 2: estanque B4	R2: monitoreo durante el m.d.
Tratamiento 3: estanque D3	Tratamiento 3: estanque C7	R3: monitoreo durante la p.m.

Fuente: Propia

#### 4.6 Diseño experimental y análisis estadístico

Se emplearon 6 estanques de diferentes dimensiones con Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en distintas fases de cultivo (ver cuadro 8) los que fueron distribuidos mediante un diseño experimental del tipo parcelas divididas. En seis tratamientos con tres repeticiones.

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo en Microsoft® Excel, el análisis de los datos se hizo por medio del paquete estadístico SAS. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con confiabilidad al 5%.

El modelo aditivo lineal que explica el comportamiento de las variables en este estudio es:

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots a$  = niveles del factor A

$j = 1, 2, 3, \dots b$  = niveles del factor B

$k = 1, 2, 3, \dots r$  = repeticiones

$Y_{ijk}$  = La k-ésima observación del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Estima a la media poblacional

$\rho_k$  = Efecto del k-ésimo bloque

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

$\varepsilon_{ik}$  = Error del Factor A

$\beta_j$  = Efecto debido al j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de interacción entre los factores A y B

#### 4.7 Instrumentos de medición

Para la toma de los parámetros físico-químicos de calidad de agua, en las seis unidades experimentales, se utilizaron los instrumentos siguientes:

- Oxygen meter (medidor portátil de oxígeno y temperatura)
- pH/Temp waterproof (medidor de pH y temperatura)
- Disco de Secchi (Instrumento de visibilidad de transparencia del agua)

## 4.8 Variables a evaluar

### 4.8.1 Temperatura del agua (°C)

Expresada en grados centígrados, el monitoreo de temperatura superficial del agua, se midió tres veces al día en horarios 8:00 a.m., 12:00 m.d. y 4:00 p.m. Diariamente hasta finalizar el período de ensayo.

Las mediciones de temperatura se realizaron por medio del equipo Oxygen meter, introduciendo en la columna de agua la sonda del medidor a una profundidad de 25 cm, cercana a la parte de drenaje del agua en los estanques, registrando los datos.

### 4.8.2 Oxígeno disuelto (mg/l)

Para las tomas de concentración de dicho parámetro en el agua, se introdujo la sonda del medidor portátil a 25 cm de profundidad, en la parte de salida del agua en los estanques (drenaje de los estanques). Ejecutando tres mediciones al día, 8:00 a.m., 12:00 m.d. y 12:00 p.m. Durante todo el período de estudio.

### 4.8.3 Potencial iones de hidrógeno (escala logarítmica 0 a 14)

El monitoreo del pH se efectuó diariamente realizando únicamente dos mediciones al día, por la mañana 8:00 a.m. y durante la tarde 4:00 p.m. Para la toma de este parámetro se utilizó un Phímetro digital modelo PH-55; tomando lectura sobre la superficie del agua, en la parte de salida de la misma en los estanques. Registrando los datos.

### 4.8.4 Transparencia del agua (cm)

La transparencia del agua, la cual es expresada en centímetros, se determinó diariamente realizando tres mediciones al día en horarios de 8:00 a.m., 12:00 m.d. y 4:00 p.m. Por medio del instrumento de Disco secchi, sumergiendo éste de espaldas al sol en la columna de agua, haciendo lectura directamente hacia abajo, registrando el dato correspondiente.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Comportamiento promedio de los parámetros físico-químicos

#### 5.1.1 Comportamiento de temperatura

Al comparar las medias por tipo de sustrato (concreto y tierra) se puede observar que se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los rangos de temperatura del agua, siendo superiores para los estanques fondos de concreto ( $29.12^{\circ}\text{C}$  a.m.,  $30.62^{\circ}\text{C}$  m.d.,  $31.25^{\circ}\text{C}$  p.m.) en comparación a los estanques fondos de tierra ( $28.96^{\circ}\text{C}$  a.m.,  $30.46^{\circ}\text{C}$  m.d.,  $30.79^{\circ}\text{C}$  p.m.). En los tres tiempos en los que se midió este parámetro.

Así mismo, comparando las medias por tratamiento, el test de Tukey reflejó que hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos (entre grupo de estanques y mismo tipo de fondo). Indicando que efectivamente el tipo de sustrato, la dimensión de los estanques y la densidad de siembra, influyeron en la temperatura del agua y por consecuencia en la calidad de la misma en los estanques de cultivo. (ver anexo 15).

Este comportamiento de altas temperaturas en ambos tipos de sustratos, probablemente estuvo influenciado a dos factores principales, por un lado, durante todo el período prevalecieron días más calurosos, de poca nubosidad, con alta incidencia de radiación solar; así como, a causa de transparencias altas del agua en los estanques (visibilidad de disco secchi superior a 45 cm de profundidad), debido a una limitada producción de fitoplancton. Lo que favoreció una mejor incidencia e introducción de los rayos de sol en la columna de agua, aumentando su temperatura, tornándola más caliente en los estanques de cultivo.

En este estudio, se obtuvo valores de temperatura del agua, semejantes a los reportados por Corrales y Castro (2013) quienes obtuvieron rangos de temperatura de  $28.2^{\circ}\text{C}$  –  $31.2^{\circ}\text{C}$  y  $28.5^{\circ}\text{C}$  –  $30.5^{\circ}\text{C}$  en estanques de concreto, realizando ensayos con cultivo de juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

González (2015) reporta valores para el parámetro de temperatura en estanque fondo de concreto de  $26.4^{\circ}\text{C}$  a  $28.5^{\circ}\text{C}$  y estanque fondo de tierra de  $25.5^{\circ}\text{C}$  a  $28.6^{\circ}\text{C}$ , en cultivo de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*). En el Municipio de San Juan de Limay, Estelí, Nicaragua.

Mismo autor González (2015) en otro estudio, siempre con cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques fondo de concreto de 300m<sup>2</sup> y 242m<sup>2</sup>, obtuvo los siguientes rangos para el parámetro temperatura desde 23.3°C a 28.8°C y 23.0°C a 30.2°C. Dichos datos fueron cercanos a los antes mencionados en la presente investigación.

Para una mejor apreciación en las pruebas estadísticas sobre el análisis de varianza y significancia, que reflejan el comportamiento en la variabilidad de los datos promedios entre los tratamientos, para cada tipo de sustrato y entre grupos de estanques (ver anexo 16 al 19).

En la figura 3 se muestra la variación de la temperatura del agua a lo largo del día, cuya curva de tendencia refleja el comportamiento típico observado en ambientes cerrados. Con temperaturas bajas por la mañana, más altas al medio día y ligeramente altas al finalizar la tarde.

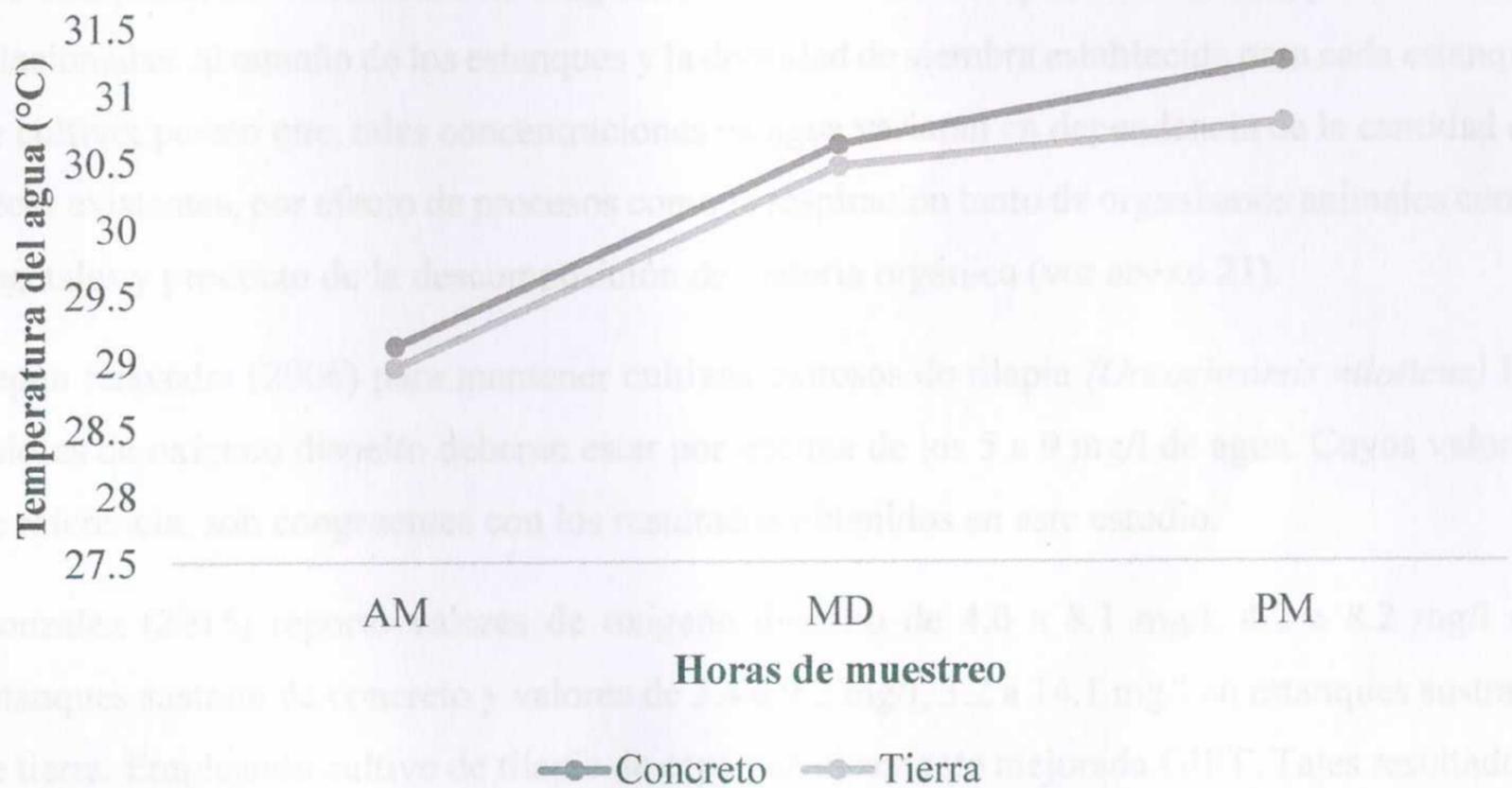


Figura 3. Comportamiento promedio diario de temperatura abril-junio 2021.

### 5.1.2 Comportamiento de oxígeno disuelto

Los valores de la variable oxígeno disuelto, presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) al comparar las medias por tipo de sustratos. Obteniéndose valores ligeramente altos para los estanques sustrato de concreto (8.63 mg/l a.m., 8.80 mg/l m.d., 8.64 mg/l p.m.) en relación a los estanques sustrato de tierra (7.67 mg/l a.m., 8.19 mg/l m.d., 8.15 mg/l p.m.).

El comportamiento de la variabilidad de los datos de oxígeno disuelto entre tratamientos, al contrastar las medias, se observó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre grupo de estanques y mismo tipo de fondo. Siendo las variaciones de oxígeno disuelto más acentuadas en horas de la mañana y mediodía que por la tarde.

Estas leves diferencias de concentración de oxígeno disuelto en ambos sustratos, pudo deberse a que, por un lado, en los estanques de tierra existe la tendencia a acumularse más la materia orgánica, lo cual conlleva a un mayor consumo de oxígeno para su degradación; y por otro lado, el lavado del fondo y de los sólidos gruesos es más fácil en los estanques de concreto que en los estanques de tierra; sumado a ello, el efecto de recambio de agua para incrementar oxígeno es más positivo en los estanques de concreto en relación a los sustratos de tierra.

Por otra parte, las variaciones de oxígeno disuelto en ambos tipos de sustratos, pudieron estar relacionadas, al tamaño de los estanques y la densidad de siembra establecida para cada estanque de cultivo; puesto que, tales concentraciones en agua variaran en dependencia de la cantidad de peces existentes, por efecto de procesos como la respiración tanto de organismos animales como vegetales y producto de la descomposición de materia orgánica (ver anexo 21).

Según Saavedra (2006) para mantener cultivos exitosos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) los valores de oxígeno disuelto deberán estar por encima de los 5 a 9 mg/l de agua. Cuyos valores de referencia, son congruentes con los resultados obtenidos en este estudio.

González (2015) reportó valores de oxígeno disuelto de 4.0 a 8.1 mg/l, 4.2 a 8.2 mg/l en estanques sustrato de concreto y valores de 3.4 a 9.2 mg/l, 3.2 a 14.1 mg/l en estanques sustrato de tierra. Empleando cultivo de tilapia de cepa genéticamente mejorada GIFT. Tales resultados, fueron cercanos a los obtenidos en la presente investigación.

Por otro lado, Corrales (2018) empleando tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques de geomembrana en el municipio de Bluefields, (RACCS) obtuvo valores del parámetro oxígeno disuelto de 1.3 a 5.7 mg/l y 5.4 a 1.3 mg/l. Estos resultados están alejados a los mencionados en este estudio.

Es necesario destacar que tanto para los estanques de concreto como los estanques de tierra en el 73% de los datos se observó una concentración de oxígeno disuelto cercana o superior al valor máximo del rango óptimo señalado por Saavedra (2006).

El análisis de varianza y test de Tukey reflejaron el comportamiento de la variabilidad de los datos promedios de oxígeno disuelto (ver anexos 22 al 25) entre los tratamientos para cada tipo de sustrato y entre grupo de estanques. Corroborando que el tipo de sustrato influye de manera positiva en el comportamiento de oxígeno y en la calidad en general del agua en los estanques.

Las variaciones de oxígeno disuelto percibidas a lo largo del día a como se muestra en la figura 4, es la curva de variación característica para ambientes cerrados, con valores bajos por la mañana, altas al mediodía y ligeramente más bajas en la tarde, pero más alto que en la mañana.

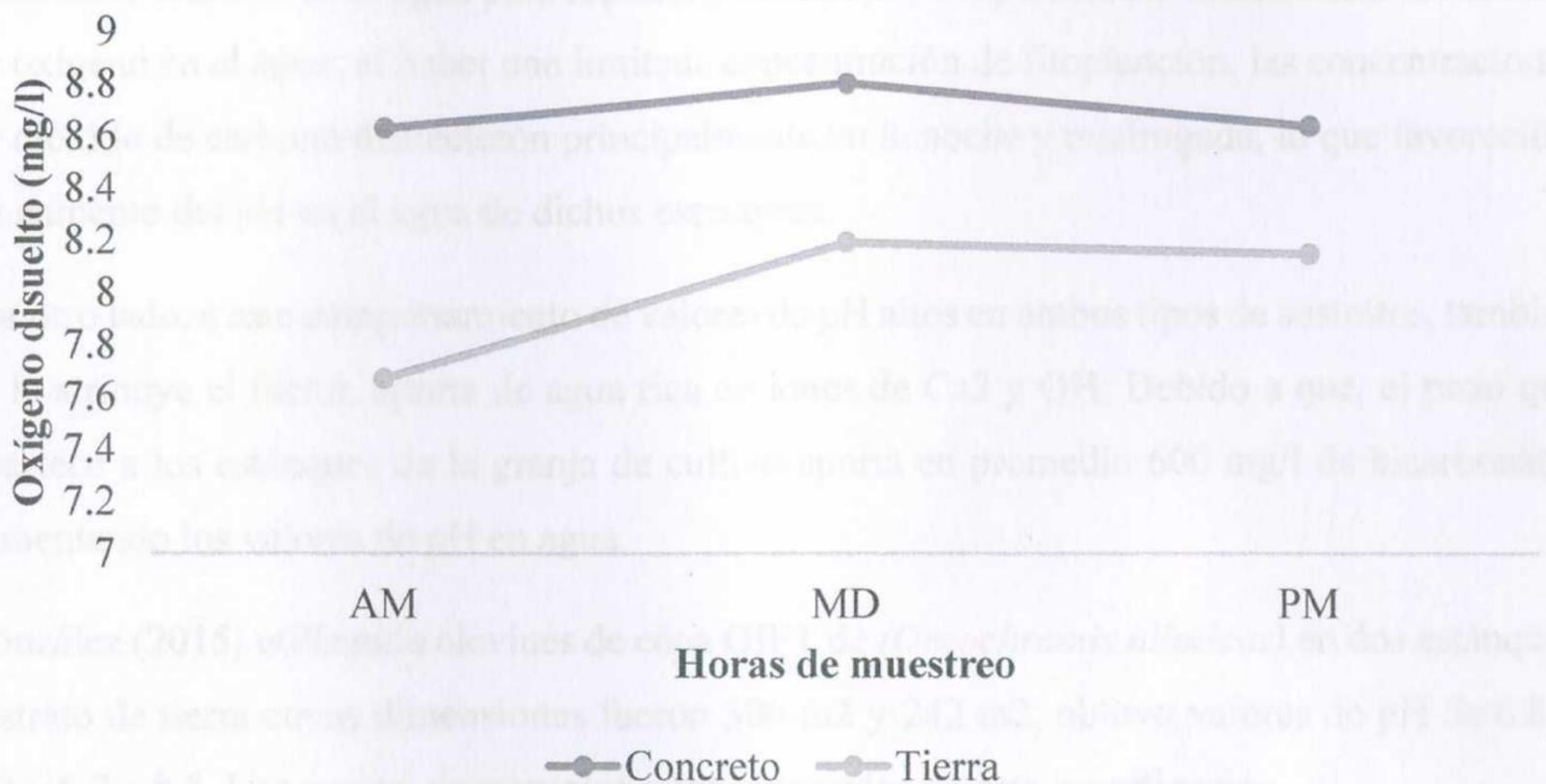


Figura 4. Comportamiento promedio diario del oxígeno disuelto abril-junio 2021.

### 5.1.3 Comportamiento de pH

Se percibieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en los valores promedios de pH obtenidos en este estudio. Siendo para los estanques sustrato de concreto los valores superiores (8.92 a.m. 8.90 p.m.) en relación con los estanques sustrato de tierra, que fueron ligeramente inferiores (8.72 a.m. 8.73 p.m.) durante todo el período (ver anexo 26).

En relación al comportamiento y variabilidad de pH por tratamientos (estanques con mismo tipo de fondo) se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el grupo de estanques fondo de concreto. Cuyas variaciones fueron mayormente acentuadas durante la mañana que por la tarde (ver anexo 28 a 31).

En líneas generales, el pH tanto en estanques sustrato de concreto como estanques sustrato de tierra, se mantuvo en los rangos aceptables para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sugeridos por Saavedra (2006) de 7.0 a 8.0; sin embargo, estuvieron muy cercano al límite máximo (9.0) señalado por dicho autor.

Este comportamiento de variación en ambos sustratos posiblemente obedece a que, hubo una poca producción de fitoplancton, debido a las altas transparencias en el agua de los estanques (superior a 45 cm de profundidad), reportadas durante todo el período, producto de los constantes recambios de agua para reponer perdidas por evaporación e incrementar los niveles de oxígeno en el agua; al haber una limitada concentración de fitoplancton, las concentraciones de dióxido de carbono decrecieron principalmente en la noche y madrugada, lo que favoreció a un aumento del pH en el agua de dichos estanques.

Por otro lado, a este comportamiento de valores de pH altos en ambos tipos de sustratos, también se le atribuye el factor, aporte de agua rica en iones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{OH}^{-}$ ; Debido a que, el pozo que abastece a los estanques de la granja de cultivo aporta en promedio 600 mg/l de bicarbonato, aumentando los valores de pH en agua.

González (2015) utilizando alevines de cepa GIFT de (*Oreochromis niloticus*) en dos estanques sustrato de tierra cuyas dimensiones fueron 300 m<sup>2</sup> y 242 m<sup>2</sup>, obtuvo valores de pH de 6.8 a 8.0 y 6.7 a 8.8. Los cuales, se asemejan a los reportados en esta investigación.

Mismo González (2015) en otro estudio, con cultivo de tilapia de cepa GIFT en estanques sustrato de concreto y sustrato de tierra, en el municipio de San Juan de Limay, departamento de Estelí; reporto valores de pH para estanque fondo de tierra de 7.0 a 8.4 y para estanque fondo de concreto de 6.9 a 9.1.

Ancajima (2018) al evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en etapa de alevinaje, destaco valores de pH de 6.0 a 9.0.

De acuerdo a Nicovita (2002) el valor óptimo de pH en cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) está entre 6.5 a 9.0; puesto que, valores superiores o inferiores provocan alteraciones en el comportamiento, como, letargia, inapetencia, retraso en el crecimiento y afectan la reproducción.

En la figura 5, se observa que no hubo una variación muy acentuada en el comportamiento del pH a lo largo del día, en todo el período del estudio. No obstante, en los valores promedios observados, el pH se mantuvo ligeramente superior para los estanques fondo de concreto.

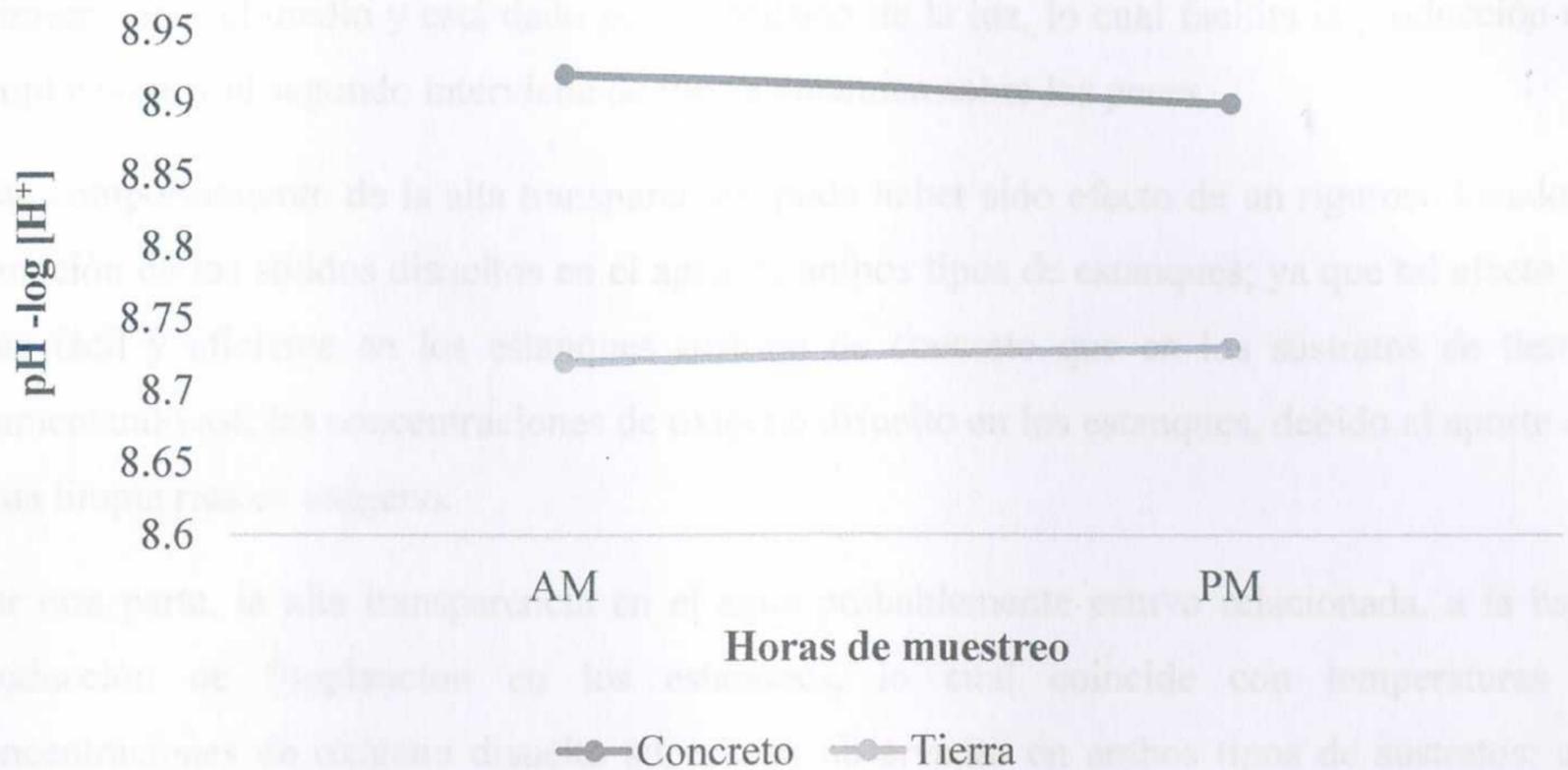


Figura 5. Comportamiento promedio diario de pH abril-junio 2021.

#### 5.1.4 Comportamiento de transparencia

Por medio de la comparación de medias, se apreció diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para el parámetro transparencia del agua entre tipo de sustratos, correspondiendo para los estanques fondo de concreto los valores promedios ligeramente superiores a diferencia de los estanques fondo de tierra. En los tres tiempos que se midió la variable en los estanques de cultivo.

En cuanto al comportamiento de variabilidad entre tratamientos, por grupo de estanques y estanques con mismo tipo de fondo; el análisis de varianza y test de Tukey (ver anexo 34 al 37) determinaron la existencia de diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a nivel de grupo de estanques y mismo tipo de fondo.

Durante el tiempo comprendido de abril a junio de manera general, los valores de transparencia del agua para ambos tipos de sustratos, se mantuvieron fuera del rango óptimo y aceptable para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*); obteniéndose lecturas de disco secchi para estanques fondo de concreto de (55.22 cm a.m., 54.54 cm m.d., 53.58 cm p.m.) y en estanques fondos de tierra (52.66 cm a.m., 53.87 cm m.d., 53.23 cm p.m.). Saavedra (2006) menciona que,

la lectura del disco Secchi se debe mantener a una visibilidad de 30 cm de profundidad en estanques de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

De acuerdo con FAO (s.f) la transparencia del agua (turbidez) posee dos patrones de efectos, el primero sobre el medio y está dado por la difusión de la luz, lo cual facilita la producción de fitoplancton, y el segundo interviene de forma dinámica sobre los peces.

Este comportamiento de la alta transparencia, pudo haber sido efecto de un riguroso lavado y remoción de los sólidos disueltos en el agua de ambos tipos de estanques; ya que tal efecto es más fácil y eficiente en los estanques sustrato de concreto que en los sustratos de tierra. Aumentando así, las concentraciones de oxígeno disuelto en los estanques, debido al aporte de agua limpia rica en oxígeno.

Por otra parte, la alta transparencia en el agua probablemente estuvo relacionada, a la baja producción de fitoplancton en los estanques, lo cual coincide con temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto superiores observadas en ambos tipos de sustratos; así mismo, debido a los recambios constantes de agua para reponer pérdidas por evaporación e incrementar oxígeno.

Los valores obtenidos de disco secchi en este estudio, se encuentran alejados a los sugeridos por González et al., (2011) quienes afirman que, en estanques de producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) la visibilidad debe estar a una profundidad de 20 a 30 cm; lecturas superiores a 30 cm es un indicador de poca turbidez y/o bajo rendimiento en el estanque. En donde el agua se vuelve completamente transparente, y puede presentar bajas en los niveles de oxígeno disuelto.

González (2015) obtuvo valores de transparencia de 20 a 27 cm de profundidad en estanques sustrato de tierra de 300 m<sup>2</sup> y 242 m<sup>2</sup>, en cultivo de tilapia cepa GIFT (*Oreochromis niloticus*) en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí. Cuyos resultados difieren a los obtenidos en el presente estudio.

Ancajima (2018) menciona rangos de lectura de disco secchi de 25 a 45 cm de profundidad, para tilapia (*Oreochromis niloticus*) en etapa de segundo alevinaje.

La curva de tendencia de la transparencia a lo largo del día observado en la figura 6, es el comportamiento característico, para ambientes cerrados en acuicultura. Con niveles de transparencias parcialmente bajos por la mañana, las más pronunciadas al mediodía y ligeramente altas al finalizar la tarde.

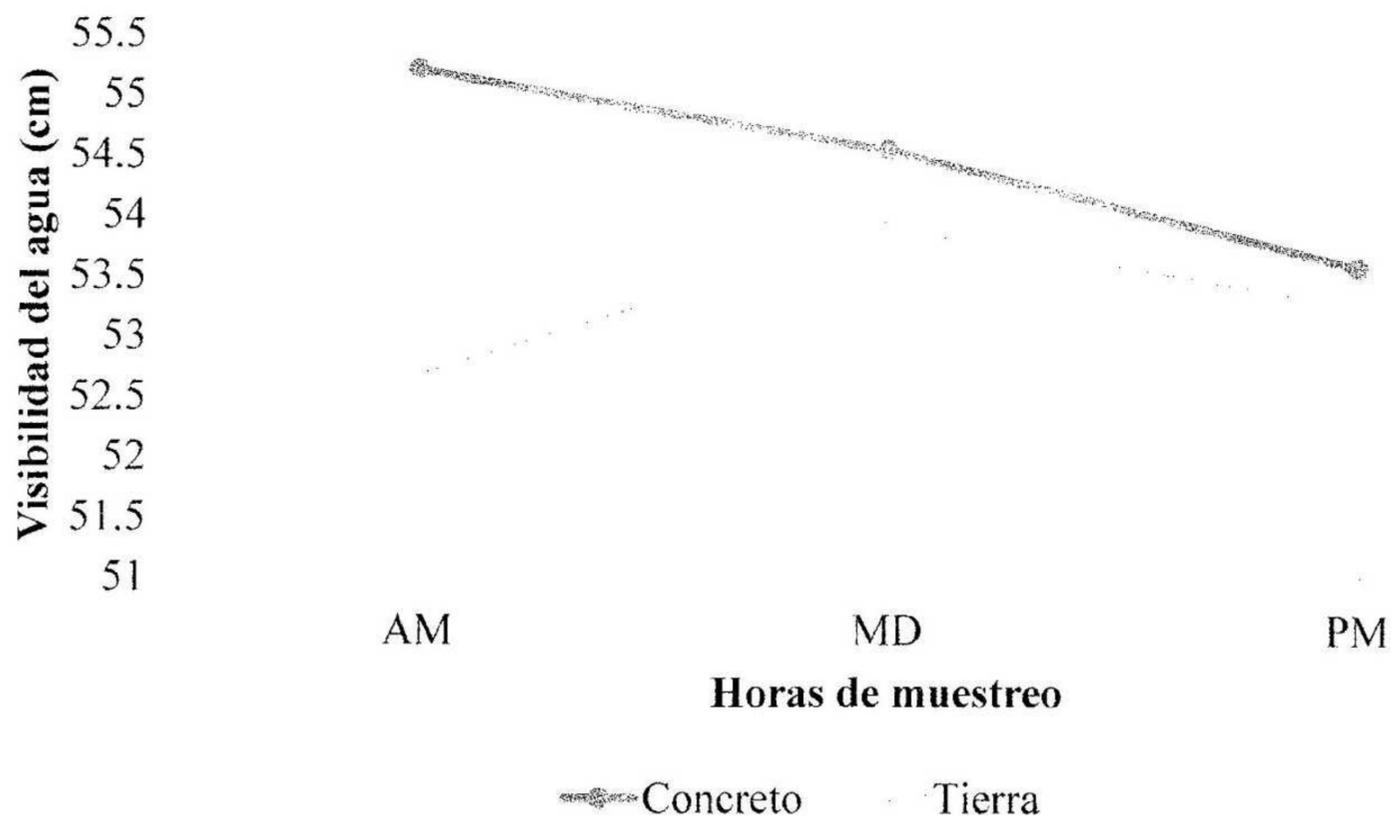


Figura 6. Comportamiento promedio diario de transparencia del agua abril-junio 2021.

## 5.2 Comportamiento de interacción entre los parámetros de la calidad de agua

### 5.2.2 Temperatura del agua vs Oxígeno disuelto (abril – junio)

La literatura científica afirma que al relacionar las variables temperatura y oxígeno disuelto se da un efecto directo en las concentraciones de un parámetro sobre el otro, a medida que la temperatura del agua se incrementa las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyen; por cada 10 grados de incremento de la temperatura, el metabolismo de los peces se acelera duplicando el consumo de oxígeno, y por consecuencia disminuyendo en las mismas proporciones la concentración de oxígeno disuelto en el agua (Boyd 2017).

Esta interacción entre ambas variables se observa en la figura 7 (a) temperatura del agua vs oxígeno disuelto. Durante las temperaturas más bajas, se encontraron las concentraciones de oxígeno disuelto más altas, y de igual manera, al registrarse las temperaturas más altas, se reportaron las concentraciones de oxígeno más bajas. Lo cual indica que si bien es cierto hubo

un efecto directo en la temperatura sobre la concentración de oxígeno en el agua, este no fue perjudicial para la calidad de la misma. Manteniendo el oxígeno disuelto dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

### **5.2.3 Oxígeno disuelto vs Transparencia del agua (abril – junio)**

Este efecto también se cumple al interaccionar las variables transparencia (visibilidad del agua) y el oxígeno disuelto en el agua, siendo menor este último a medida que la transparencia se incrementa. Sin embargo, se ha encontrado transparencias muy altas (superiores a los 45 cm) no son deseables, pues esto, implica la baja disponibilidad de nutrientes en el agua y poca producción de fitoplancton; por consecuencia una baja producción natural de alimento y oxígeno en los estanques (Boyd, 2017).

En la figura 7 (b) se observa una dinámica inversa en el comportamiento al relacionar las variables oxígeno disuelto vs transparencia, similar a lo visto con la (temperatura del agua vs oxígeno) observándose que, durante las transparencias más bajas se encontraron las concentraciones de oxígeno más altas, y cuando los valores de transparencia fueron altas, se reportaron las concentraciones de oxígeno más bajas.

Lo cual afirma la interacción existente entre ambos parámetros. Indicando que hubo un efecto directo de los niveles de transparencia sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, a pesar de que este último se mantuvo dentro de los rangos aceptables para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

### **5.2.4 Oxígeno disuelto vs pH (abril – junio)**

El pH neutro en el rango de 6 a 8 facilita una alta disponibilidad de nutrientes como fosfatos y nitratos, los cuales son necesarios para la producción óptima de fitoplancton y para mantener las concentraciones de oxígeno disuelto dentro de los rangos aceptables (Boyd 2017).

Al relacionar el oxígeno con el pH, se pudo encontrar que, tal efecto se cumple en ambas variables. Es decir, en períodos de incrementos de oxígeno se observó decrecimientos del pH, e inversamente en períodos de decrecimiento del oxígeno se incrementó el pH. Tal y como se muestra en la figura 7 (c). Lo que sí, es evidente que las bajas producciones de fitoplancton y altas transparencias en el agua estuvieron asociadas con valores altos de pH, es decir con pH alcalinos.

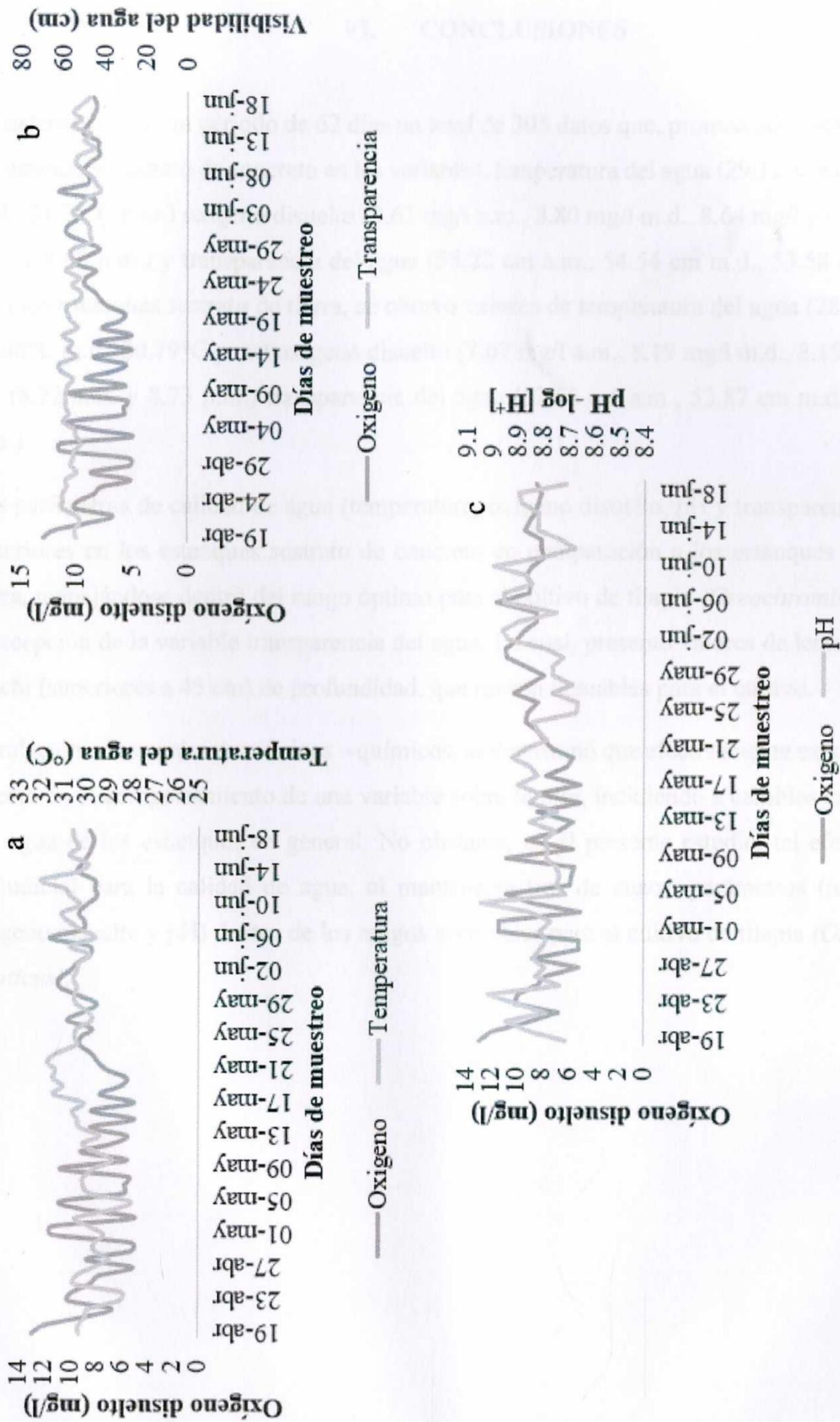


Figura 7. Comportamiento de interacción del OD versus las variables TA (a), VS (b) y pH (c).

## VI. CONCLUSIONES

Se sistematizó por un período de 62 días un total de 305 datos que, promediados se obtuvo para los estanques sustrato de concreto en las variables, temperatura del agua (29.12°C a.m., 30.62°C m.d., 31.25°C p.m.) oxígeno disuelto (8.63 mg/l a.m., 8.80 mg/l m.d., 8.64 mg/l p.m.) pH (8.92 a.m. y 8.90 p.m.) y transparencia del agua (55.22 cm a.m., 54.54 cm m.d., 53.58 cm p.m.) Y para los estanques sustrato de tierra, se obtuvo valores de temperatura del agua (28.96°C a.m., 30.46°C m.d., 30.79°C p.m.) oxígeno disuelto (7.67 mg/l a.m., 8.19 mg/l m.d., 8.15 mg/l p.m.) pH (8.72 a.m. y 8.73 p.m.) transparencia del agua (52.66 cm a.m., 53.87 cm m.d., 53.23 cm p.m.).

Los parámetros de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto, pH y transparencia) fueron superiores en los estanques sustrato de concreto en comparación a los estanques sustrato de tierra, manejándose dentro del rango óptimo para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*); a excepción de la variable transparencia del agua. La cual, presentó valores de lectura de disco secchi (superiores a 45 cm) de profundidad, que no son deseables para el cultivo.

Al relacionar los parámetros físicos – químicos, se determinó que efectivamente existe un efecto directo en el comportamiento de una variable sobre la otra, incidiendo a cambios en la calidad del agua de los estanques en general. No obstante, en el presente estudio, tal efecto, no fue perjudicial para la calidad de agua, al mantenerse tres de cuatro parámetros (temperatura, oxígeno disuelto y pH) dentro de los rangos aceptables para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

## VII. LITERATURA CITADA

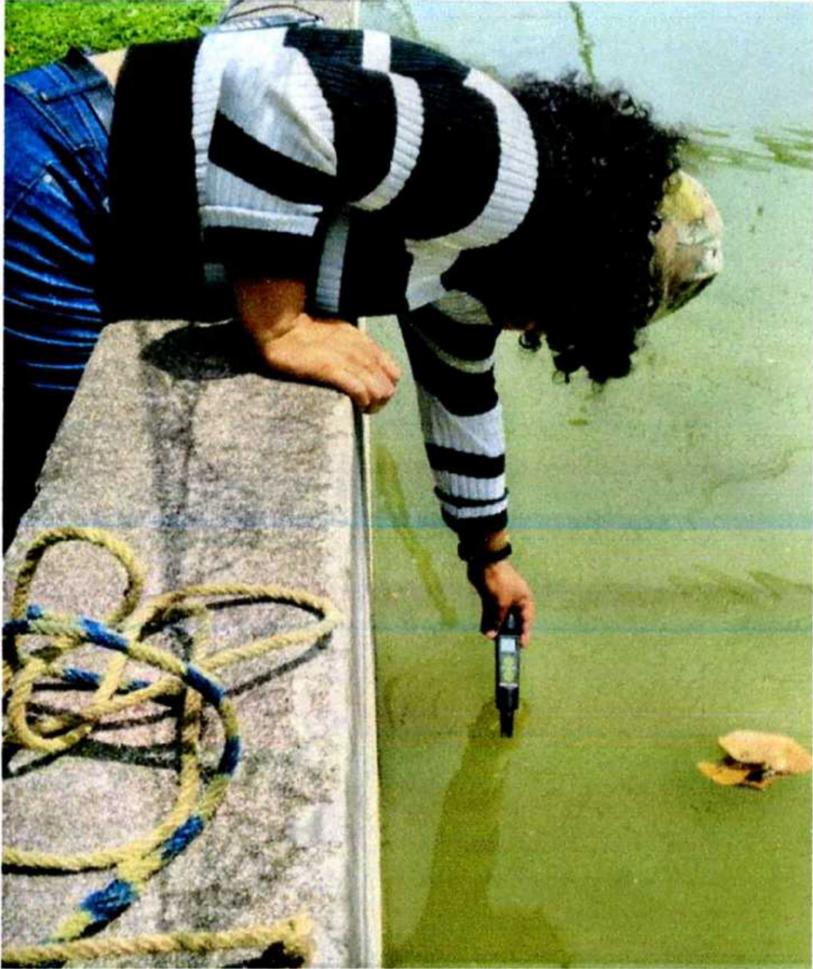
- Ancajima, M. A. (2018). *Efecto de dos densidades sobre el crecimiento de Oreochromis niloticus. "Tilapia nilótica". En segundo alevinaje* [tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Perú]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1492/BIO-ANC-ESP-2018.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Baltazar Guerrero, P.M. y Palomino Ramos, A.R. (2004). *Manual de Cultivo de Tilapia*. [file:///D:/TESIS%20DE%20TILAPIA/PB\\_2004\\_ManualCultivoTilapiaFondepes.pdf](file:///D:/TESIS%20DE%20TILAPIA/PB_2004_ManualCultivoTilapiaFondepes.pdf)
- Bautista Covarrubias, J y Ruíz Velazco Arce. (2011). *Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembranas*. <https://http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/568/1/Calidad%20de%20agua%20para%20el%20cultivo%20de%20Tilapia.pdf>
- Blanco Tengono, I.J; Betancourt Salazar, J.J. y Acevedo Sarmiento, F.L. (2017). *Determinación de la eficiencia y eficacia del uso de aireadores de vórtice en tanques de geomembrana sobre la producción de tilapia en la Orinoquia colombiana*. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4397/1/2017\\_determinacion\\_eficiencia\\_eficacia.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4397/1/2017_determinacion_eficiencia_eficacia.pdf)
- Boyd, C. (2017). *Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón*. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University, Alabama 36849 USA. <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>
- Calderón, M. (2008). *Análisis del proceso productivo de Tilapia (Oreochromis sp). En la estación experimental Monterrico del centro de estudios del mar y acuicultura (CEMA), [Tesis de pregrado]. Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad de Guatemala*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/9957/1/T-03497.pdf>
- Carpio Arévalo, M y Fernández Villasagua, O. (2019). *Análisis de la calidad del agua para el manejo de Tilapia (Oreochromis Sp.) y Chame (Dormitator latifrons) en el Km 27,5 vía a Daule*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39894/1/BCIEQ-T-0357%20Carpio%20Ar%20c3%20a9valo%20Melina%20Muriel%3b%20Fern%20c3%20a1ndez%20Villasagua%20Oscar%20Rugery.pdf>
- Castillo, M. (2021). *Manejo de tilapia (Oreochromis niloticus) en la Granja de la Universidad Nacional Agraria*. [trabajo especial de grado. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua]. <https://repositorio.una.edu.ni/4353/1/tnm01c352.pdf>
- Corrales Ocampo, J.L. (2018). *Análisis del crecimiento en peso de la Tilapia (Oreochromis niloticus) en tanques circulares de geomembrana, cultivada en la granja de cultivo semi-intensivo NAFKOSA – Krukira, durante el periodo de octubre - diciembre (2015) y junio - agosto (2016)*. <http://repositorio.bicu.edu.ni/23/1/Monografia%20J%20Corrales%20ENTREGADA.pdf>
- Corrales, W., Castro, P. (2013). *Crecimiento de juveniles de tilapia Oreochromis niloticus en aguas con salinidades de 15% y 25%, evaluando su desarrollo y sobrevivencia en un*

- sistema de producción semi-intensivo. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-León].  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/5404/1/225242.pdf>
- Egna, H., Boyd, C. (1997). *Dinámica de los estanques en acuicultura*. [Archivo PDF].  
[https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/05-acuicultura\\_sagpya.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf)
- Espín Padilla, J.A y Jurado Olalla, J.V. (2019). *Diseño y construcción de un sistema térmico industrial que regule automáticamente la temperatura y aireación del agua, para un estanque de cultivo de Tilapias ubicado en la finca experimental la María de la Uteq*.  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3738/1/T-UTEQ-0023.pdf>
- FAO. (s.f). *Mejora de la calidad de agua en los estanques*. Recuperado de  
[https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)
- González, T. (2015). *Informe de resultados del proyecto de cultivo de Oreochromis niloticus, cepa GIFT, en finca el Caracol, Pueblo Nuevo, Estelí*. Programa regional de apoyo a la ejecución de la política de la pesca y acuicultura. PRAEPPESCA. Información no publicada.
- González, V., Sánchez, B., Rodríguez, R. (2011). Efecto de dos alimentos comerciales sobre el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques de plástico. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN - León].  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6336/1/219624.pdf>
- Hernández, E. G & Fajardo, H.D. (2019). *Evaluación de la productividad de tilapia (Oreochromis niloticus) con tres pesos iniciales y tres densidades de siembra en un sistema de recirculación* [Universidad Nacional Agraria].  
<https://repositorio.una.edu.ni/3937/1/tnm01h557.pdf>
- López SamQui, F.L. (2005). *La Incidencia del Cultivo de Tilapia en Jaulas Flotantes Sobre La Calidad de Agua en Punta San Ramón, Ometepe, periodo de mayo a diciembre del 2004*. [Título de ingeniería en producción acuícola, Universidad Centroamericana]. Repositorio institucional de la Universidad Centroamericana  
<http://repositorio.uca.edu.ni/2707/1/UCANI1601.PDF>
- Luchini, L. (2006). *Tilapia: Su cultivo y sistemas de producción*. Recuperado de  
[https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/\\_archivos/000000\\_Especies/000008-Tilapia/071201\\_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%2001\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008-Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%2001).pdf)
- Mayer, E. (2015). *Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces*. AquaFeed español. <https://aquafeed.co/entrada/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces-20528/> (Agregar)
- Nicovita. (2002). Manual de crianza de Tilapia.  
<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

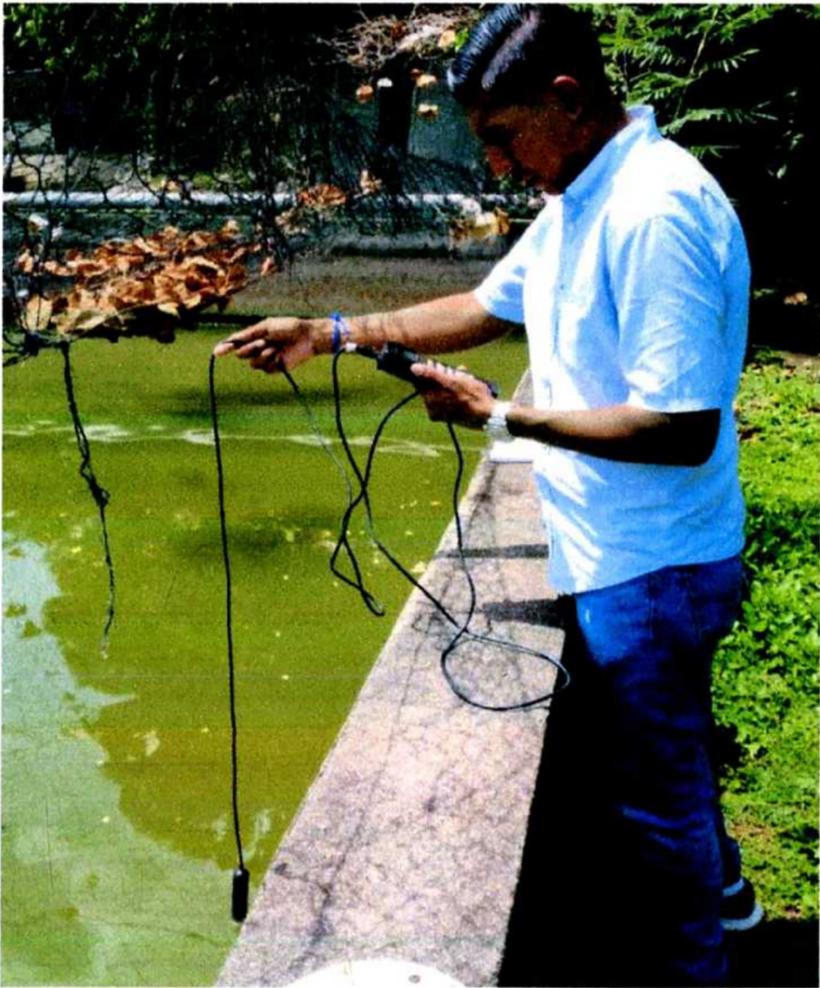
- Perdomo, D., Corredor, Z., y Ramírez, L. (2012, 27 de octubre). *Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de tilapia (Oreochromis spp.)*. En una zona tropical. *Zootecnia Trop*, 30(1). <http://www.bioline.org.br/pdf?zt12011>
- Pérez Muñoz, M.M., Sáenz Ramos, M.I. (2015). *Crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Acuícola]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
- Pérez, Y., Gutiérrez, M., Talavera, F. (presentadores). (2019, 25 de noviembre). *Trabajo De Nutrición Y Fertilización*. [Presentación de diapositivas].
- Poot, D; Novelo, S. R. y Hernández, H. M. (2009). *Cultivo integral de la Tilapia Consultado el 28 de agosto del 2009*. <http://www.scribd.com/doc/20458321/ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-LaTilapia#>, 30-40 p
- Productor, E. (2017, agosto 11). *Calidad del agua para la tilapia en estanques rústicos*. Elproductor.com. <https://elproductor.com/2017/08/calidad-del-agua-para-la-tilapia-en-estanques-rusticos/>
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de Tilapia*. [Figura]. Recuperado de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Saborío, A. (2006). *Visión general del sector acuícola de Nicaragua y análisis prospectivo del desarrollo futuro*. Universidad Centroamericana. [http://repositorio.uca.edu.ni/1460/1/2006\\_visi%C3%B3n\\_general\\_del\\_sector\\_acu%C3%ADcola\\_nic.pdf](http://repositorio.uca.edu.ni/1460/1/2006_visi%C3%B3n_general_del_sector_acu%C3%ADcola_nic.pdf)
- Velazco Arce, J.M.J. (2005). *Evaluación del potencial productivo de la laguna Mora en el desarrollo del cultivo de Tilapias (Oreochromis aureus y oreochromis niloticus)*. <http://dspace.uan.mx:8080/bitstream/123456789/1448/1/2005%20EVALUACION%20DEL%20POTENCIAL%20PRODUCTIVO%20DE%20LA%20LAGUNA%20DE%20MORA%20EN%20EL%20DESARROLLO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20TILAPIAS%20%28Oreochromis%20aureus%20y%20Oreochromis%20niloticus%29.pdf>
- Zelaya Montes, O. (1998). *Análisis de la calidad de agua en cultivos comerciales de tilapia en Honduras*. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2626/1/CPA-1998-T115.pdf>

# **VIII. ANEXOS**

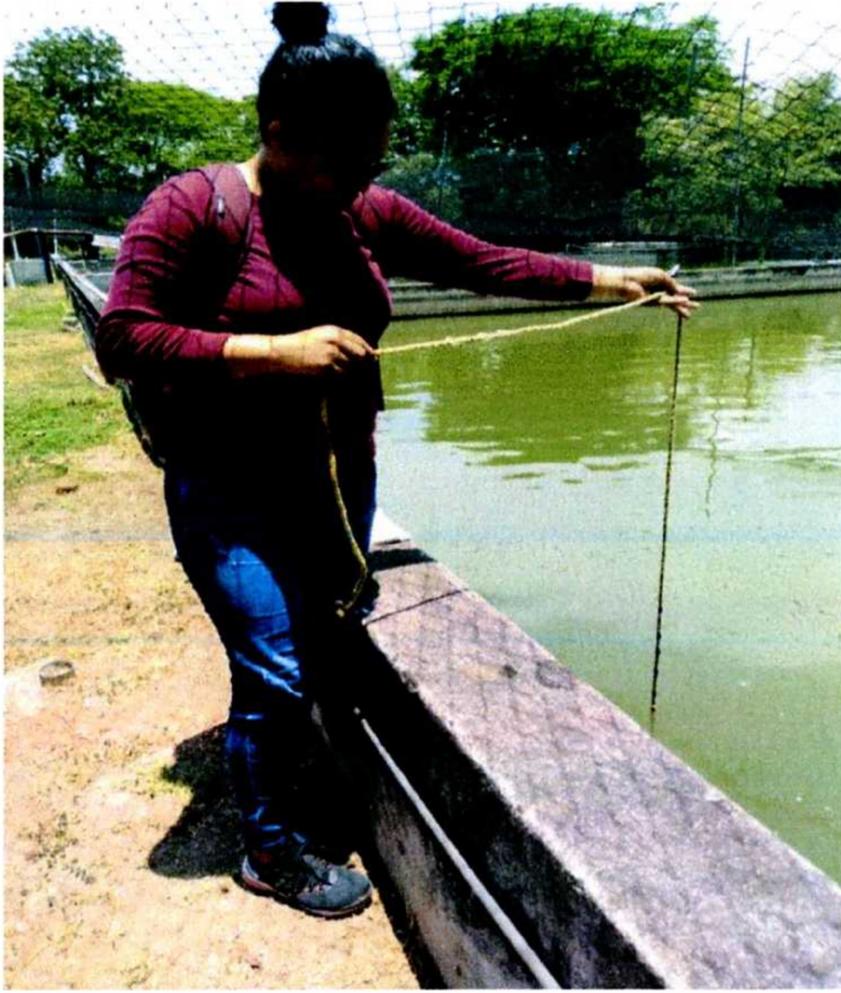
Anexo 1. Medición del parámetro pH



Anexo 2. Medición de los parámetros oxígeno disuelto y temperatura del agua



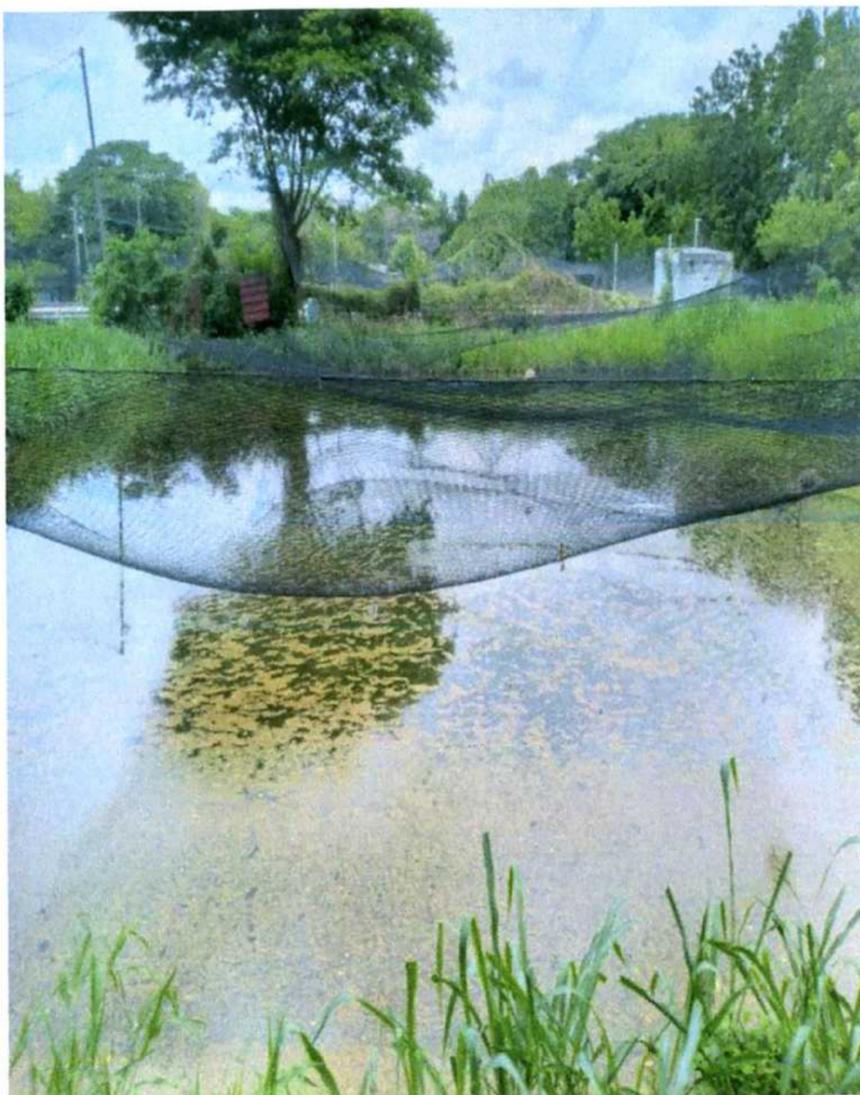
Anexo 3. Medición del parámetro transparencia del agua



Anexo 4. Estanque sustrato de concreto A-1



Anexo 5. Estanque sustrato de concreto D-2



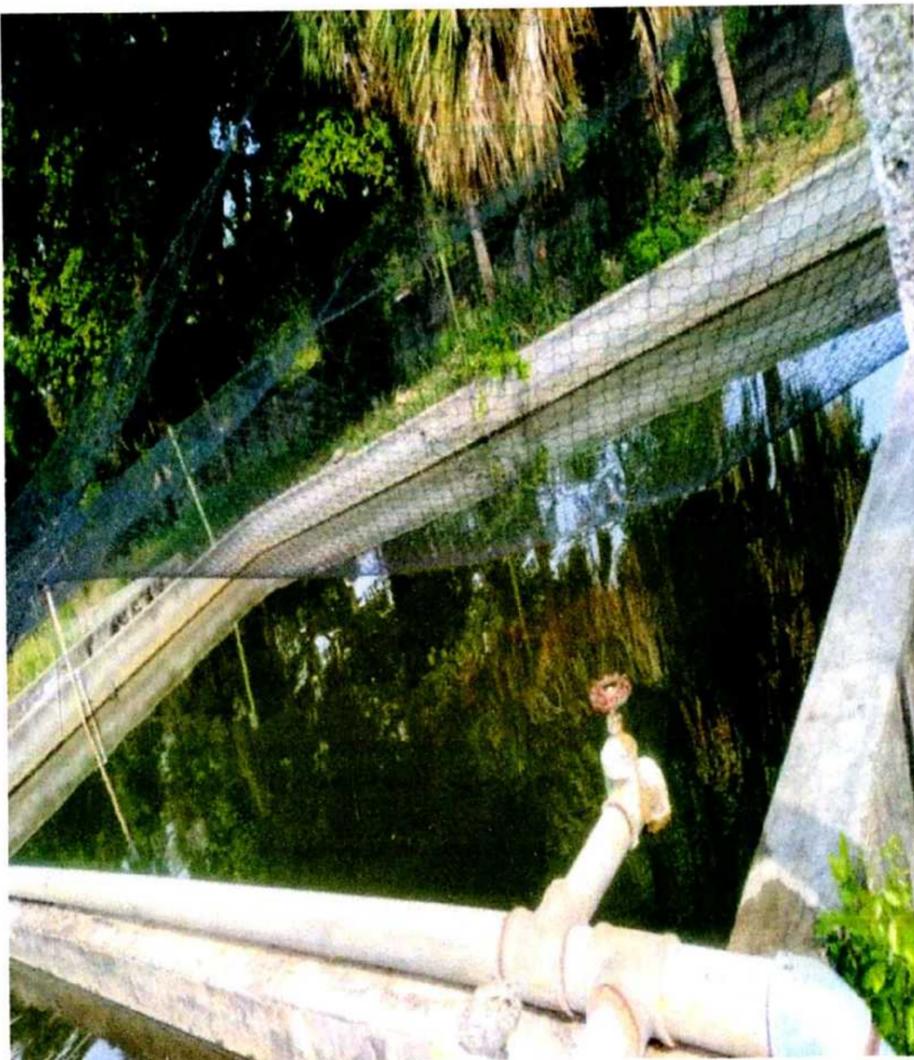
Anexo 6. Estanque sustrato de concreto D-3



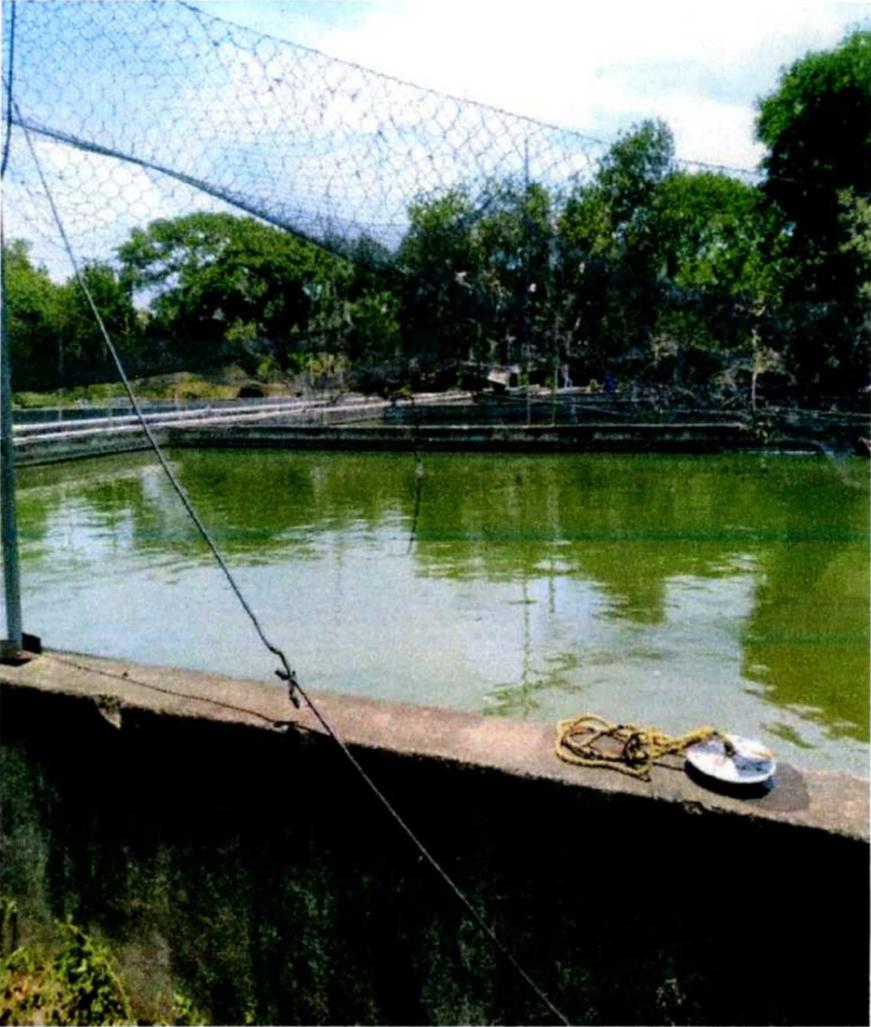
Anexo 7. Estanques sustrato de tierra B-3



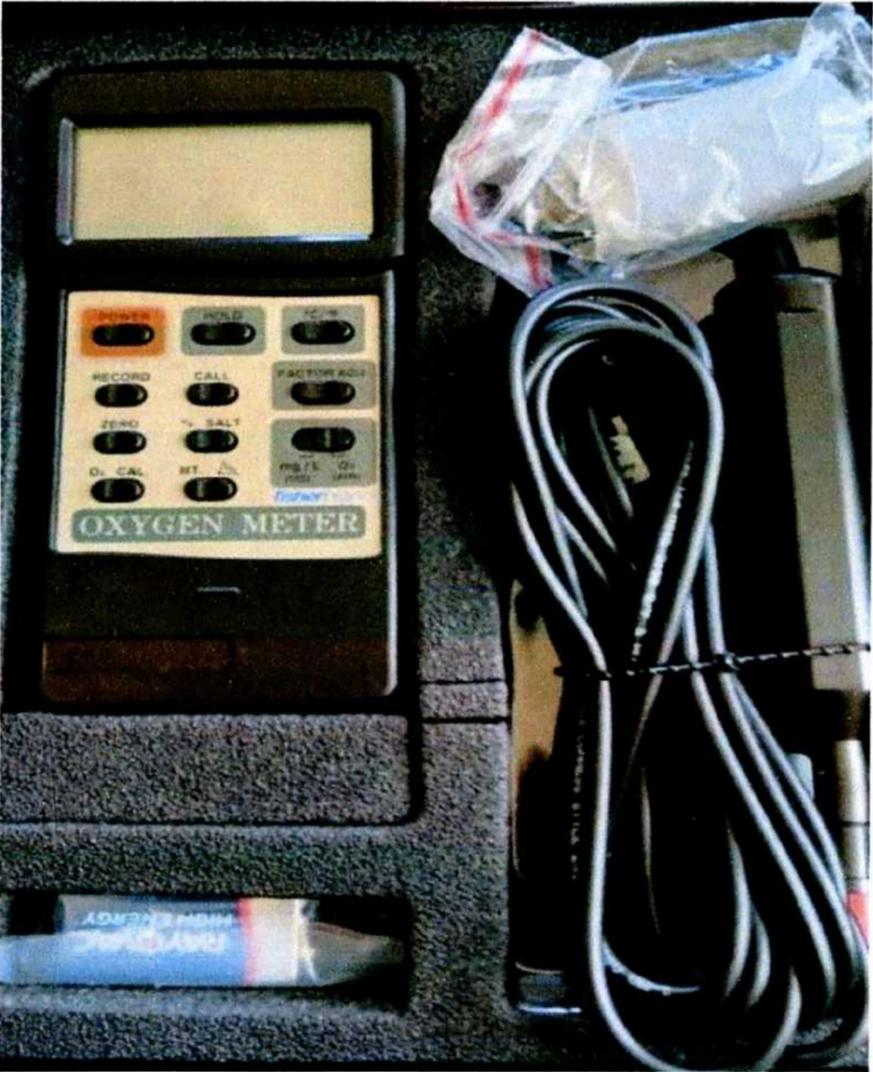
Anexo 8. Estanque sustrato de tierra B-4



Anexo 9. Estanque sustrato de tierra C-7



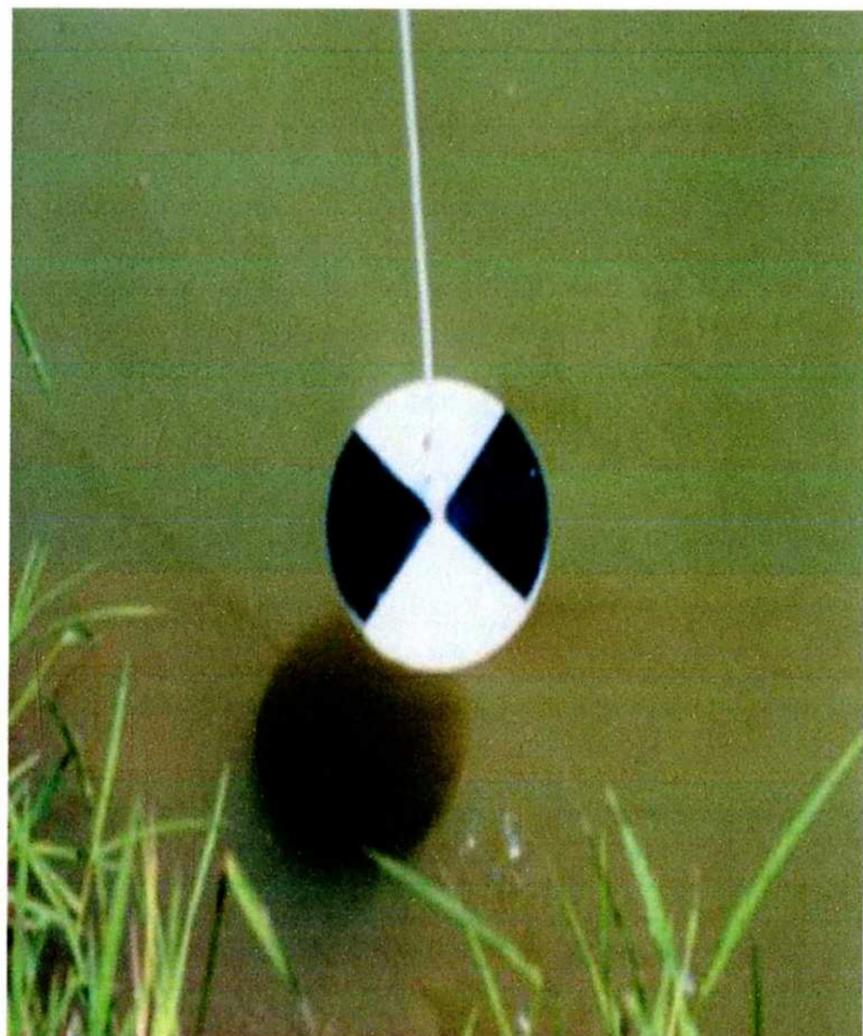
Anexo 10. Medidor portátil de temperatura y oxígeno disuelto Oxygen Meter



Anexo 11. Medidor de pH Waterproof



Anexo 12. Disco secchi utilizado para lecturas de transparencia del agua





Anexo 15. Dimensión, densidad de siembra y temperatura por tipo y grupo de estanque

Sustrato	Estanque	Dimensión estanque (m <sup>2</sup> )	Densidad de siembra (peces/m <sup>2</sup> )	a.m.	m.d.	p.m.
Concreto	A1	53.00	5	29.39°C	30.51°C	31.17°C
	D2	664.10	2	29.04°C	30.78°C	31.52°C
	D3	625.20	2	28.93°C	30.56°C	31.07°C
Tierra	B3	99.90	5	29.08°C	30.67°C	30.73°C
	B4	99.90	5	28.56°C	29.84°C	29.99°C
	C7	233.20	5	29.23°C	30.86°C	31.64°C

Anexo 16. Análisis de varianza de temperatura promedio diaria

Variable	a.m.	m.d.	p.m.
N	372	372	372
R2	0.78	0.73	0.74
R2 Aj	0.73	0.67	0.69
CV	1.93	2.16	2.57

Anexo 17. Test: Tukey Alfa=0.05 temperatura

Variables	a.m.		m.d.		p.m.	
	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra
Media	29.12°C	28.96°C	30.62°C	30.46°C	31.25°C	30.79°C
n	186	186	186	186	186	186
EE	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
significancia	A	B	A	B	A	B
DMS	0.11418		0.13438		0.16227	
Error:	0.3149		0.4361		0.6359	

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 18. Análisis de la varianza (SC tipo I) temperatura

FV	a.m.					m.d.					p.m.				
	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	336.80	66	5.10	16.21	<0.0001	351.36	66	5.32	12.21	<0.0001	559.68	66	8.48	13.3	<0.0001
Tipo de estanque	2.45	1	2.45	7.79	0.0056	2.36	1	2.36	5.40	0.0208	20.16	1	20.16	31.70	<0.0001
Nº. De estanques	22.44	4	5.61	17.81	<0.0001	39.10	4	9.77	22.41	<0.0001	91.20	4	22.80	35.9	<0.0001
Mes	34.63	2	17.32	55.00	<0.0001	54.36	2	27.18	62.32	<0.0001	19.53	2	9.76	15.4	<0.0001
Fecha	277.28	59	4.70	14.93	<0.0001	255.55	59	4.33	9.93	<0.0001	428.80	59	7.27	11.4	<0.0001
Error	96.04	305	0.31			133.02	305	0.44			193.95	305	0.64		
Total	432.83	371				484.38	371				753.64	371			

Anexo 19. Test: Tukey Alfa=0.05 temperatura

Fondo	Nº. Estanque	a.m.						m.d.						p.m.					
		Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia
Concreto	A1	29.39	62	0.07	0.28776	0.3149	A	30.51	62	0.08	0.33866	0.4361	B	31.17	62	0.10	0.40894	0.6359	BC
	D2	29.04	62	0.07	0.28776	0.3149	BC	30.78	62	0.08	0.33866	0.4361	AB	31.07	62	0.10	0.40894	0.6359	AB
	D3	28.93	62	0.07	0.28776	0.3149	C	30.56	62	0.08	0.33866	0.4361	AB	31.52	62	0.10	0.40894	0.6359	CD
Tierra	B3	29.08	62	0.07	0.28776	0.3149	BC	30.67	62	0.08	0.33866	0.4361	AB	30.73	62	0.10	0.40894	0.6359	D
	B4	28.56	62	0.07	0.28776	0.3149	D	29.84	62	0.08	0.33866	0.4361	C	29.99	62	0.10	0.40894	0.6359	E
	C7	29.23	62	0.07	0.28776	0.3149	AB	30.86	62	0.08	0.33866	0.4361	A	31.64	62	0.10	0.40894	0.6359	A

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 20. Datos de oxígeno disuelto promedio diario (abril-junio 2021)

Sustrato	a.m.	m.d.	p.m.
Concreto	8.63 mg/l	8.80 mg/l	8.64 mg/l
Tierra	7.67 mg/l	8.19 mg/l	8.15 mg/l

Anexo 21. Dimensión, densidad de siembra y oxígeno disuelto por tipo y grupo de estanque

Sustrato	Estanque	Dimensión estanque (m <sup>2</sup> )	Densidad de siembra (peces/m <sup>2</sup> )	a.m. (mg/l)	m.d. (mg/l)	p.m. (mg/l)
Concreto	A1	53.00	5	8.21	8.49	8.37
	D2	664.10	2	8.67	8.79	8.67
	D3	625.20	2	9.01	9.14	8.90
Tierra	B3	99.90	5	7.56	8.40	8.28
	B4	99.90	5	8.03	8.28	8.38
	C7	233.20	5	7.42	7.88	7.79

Anexo 22. Análisis de varianza del oxígeno disuelto promedio diario

Variable	a.m.	m.d.	p.m.
N	372	372	372
R2	0.74	0.88	0.80
R2 Aj	0.69	0.85	0.75
CV	15.91	11.42	14.46

Anexo 23. Análisis de la varianza (SC tipo I) oxígeno disuelto

FV	a.m.					m.d.					p.m.				
	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1486.45	66	22.52	13.40	<0.0001	2045.53	66	30.99	32.90	<0.0001	1768.45	66	26.79	18.2	<0.0001
Tipo de estanque	86.23	1	86.23	51.29	<0.0001	35.49	1	35.49	37.68	<0.0001	22.95	1	22.95	15.57	0.0001
Nº. De estanques	33.03	4	8.26	4.91	0.0008	22.22	4	5.56	5.90	0.0001	21.06	4	5.26	3.57	0.0073
Mes	62.83	2	31.42	18.69	<0.0001	100.02	2	50.01	53.09	<0.0001	98.81	2	49.40	33.5	<0.0001
Fecha	1304.36	59	22.11	13.15	<0.0001	1887.80	59	32.00	33.97	<0.0001	1625.63	59	27.55	18.7	<0.0001
Error	512.78	305	1.68			287.29	305	0.94			449.65	305	1.47		
Total	1999.23	371				2332.82	371				2218.09	371			

Anexo 24. Test: Tukey Alfa=0.05 oxígeno disuelto

Variables	a.m.		m.d.		p.m.	
	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra
Media	8.63mg/l	7.67mg/l	8.80mg/l	8.19mg/l	8.64mg/l	8.15mg/l
n	186	186	186	186	186	186
EE	0.10	0.10	0.07	0.07	0.09	0.09
significancia	A	B	A	B	A	B
DMS	0.26385		0.19749		0.24707	
Error:	1.6813		0.9419		1.4743	

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 25. Test: Tukey Alfa=0.05 oxígeno disuelto

Fondo	Nº. Estanque	a.m.						m.d.						p.m.					
		Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia
Concreto	A1	8.21	62	0.17	0.66494	1.6813	BC	8.49	62	0.12	0.49771	0.9419	BC	8.37	62	0.15	0.62266	1.4743	AB
	D2	8.67	62	0.17	0.66494	1.6813	AB	8.79	62	0.12	0.49771	0.9419	AB	8.67	62	0.15	0.62266	1.4743	A
	D3	9.01	62	0.17	0.66494	1.6813	A	9.14	62	0.12	0.49771	0.9419	A	8.9	62	0.15	0.62266	1.4743	A
Tierra	B3	7.56	62	0.17	0.66494	1.6813	CD	8.40	62	0.12	0.49771	0.9419	BC	8.28	62	0.15	0.62266	1.4743	AB
	B4	8.03	62	0.17	0.66494	1.6813	BCD	8.28	62	0.12	0.49771	0.9419	CD	8.38	62	0.15	0.62266	1.4743	AB
	C7	7.42	62	0.17	0.66494	1.6813	D	7.88	62	0.12	0.49771	0.9419	D	7.79	62	0.15	0.62266	1.4743	B

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 26. Datos de pH promedio diario (abril-junio 2021)

Sustrato	a.m.	p.m.
Concreto	8.92	8.90
Tierra	8.72	8.73

Anexo 27. Dimensión, densidad de siembra y pH por tipo y grupo de estanque

Sustrato	Estanque	Dimensión estanque (m <sup>2</sup> )	Densidad de siembra (peces/m <sup>2</sup> )	pH	
				a.m.	p.m.
Concreto	A1	53.00	5	8.77	8.76
	D2	664.10	2	8.98	8.94
	D3	625.20	2	9.00	8.99
Tierra	B3	99.90	5	8.69	8.73
	B4	99.90	5	8.71	8.75
	C7	233.20	5	8.74	8.73

Anexo 28. Análisis de varianza del pH promedio diario

Variable	a.m.	p.m.
N	372	372
R2	0.50	0.34
R2 Aj	0.39	0.20
CV	1.92	2.64

Anexo 29. Análisis de la varianza (SC tipo I) pH

FV	a.m.					p.m.				
	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.84	66	0.13	4.66	<0.0001	8.66	66	0.13	2.43	<0.0001
Tipo de estanque	3.74	1	3.74	130.12	<0.0001	2.45	1	2.45	45.41	<0.0001
Nº. De estanques	2.12	4	0.53	18.48	<0.0001	1.73	4	0.43	7.99	<0.0001
Mes	0.12	2	0.06	2.00	0.1368	0.38	2	0.19	3.47	0.0322
Fecha	2.86	59	0.05	1.68	0.0027	4.10	59	0.07	1.29	0.0902
Error	8.77	305	0.03			16.47	305	0.05		
Total	17.60	371				25.12	371			

Anexo 30. Test: Tukey Alfa=0.05 pH

Variables	a.m.		p.m.	
	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra
Media	8.92	8.72	8.90	8.73
n	186	186	186	186
EE	0.01	0.01	0.02	0.02
significancia	A	B	A	B
DMS	0.0345		0.04728	
Error:	0.0287		0.0540	

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 31. Test: Tukey Alfa=0.05 pH

Fondo	Nº. Estanque	a.m.						p.m.					
		Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia
Concreto	A1	8.74	62	0.02	0.08694	0.0287	B	8.76	62	0.03	0.11915	0.054	B
	D2	8.98	62	0.02	0.08694	0.0287	A	8.94	62	0.03	0.11915	0.054	A
	D3	9.00	62	0.02	0.08694	0.0287	A	8.99	62	0.03	0.11915	0.054	A
Tierra	B3	8.69	62	0.02	0.08694	0.0287	B	8.73	62	0.03	0.11915	0.054	B
	B4	8.71	62	0.02	0.08694	0.0287	B	8.75	62	0.03	0.11915	0.054	B
	C7	8.74	62	0.02	0.08694	0.0287	B	8.73	62	0.03	0.11915	0.054	B

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 32. Datos de transparencia promedio diario (abril-junio 2021)

Sustrato	a.m.	m.d.	p.m.
Concreto	55.22 cm	54.54 cm	53.58 cm
Tierra	52.66 cm	53.87 cm	53.23 cm

Anexo 33. Dimensión, densidad de siembra y transparencia por tipo y grupo de estanque

Sustrato	Estanque	Dimensión estanque (m <sup>2</sup> )	Densidad de siembra (peces/m <sup>2</sup> )	Transparencia		
				a.m. (cm)	m.d. (cm)	p.m. (cm)
Concreto	A1	53.00	5	61.77	60.65	60.24
	D2	664.10	2	52.26	52.42	50.16
	D3	625.20	2	51.61	50.56	49.27
Tierra	B3	99.90	5	44.35	46.45	47.50
	B4	99.90	5	76.69	76.05	73.71
	C7	233.20	5	36.94	39.11	39.52

Anexo 34. Análisis de varianza de la transparencia promedio diario

Variable	a.m.	m.d.	p.m.
N	372	372	372
R <sup>2</sup>	0.77	0.75	0.70
R <sup>2</sup> Aj	0.73	0.69	0.63
CV	15.13	15.02	16.44

Anexo 35. Análisis de la varianza (SC tipo I) transparencia

FV	a.m.					m.d.					p.m.				
	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	69590.46	66	1054.40	15.83	<0.0001	59525.7	66	901.90	13.61	<0.0001	53602.28	66	812.16	10.53	<0.0001
Tipo de estanque	606.52	1	606.52	9.11	0.0028	42.00	1	42.00	0.63	0.4266	11.36	1	11.36	0.15	0.7014
Nº. De estanques	59432.53	4	14858.13	223.07	<0.0001	50980.11	4	12745	192.29	<0.0001	44280.11	4	11070.03	143.55	<0.0001
Mes	4326.47	2	2163.23	32.48	<0.0001	2131.94	2	1065.97	16.08	<0.0001	2867.05	2	1433.53	18.59	<0.0001
Fecha	5224.94	59	88.56	1.33	0.0663	6371.62	59	107.99	1.63	0.0047	6443.77	59	109.22	1.42	0.03
Error	20315.12	305	66.61			20215.4	305	66.28			23521.03	305	77.12		
Total	89905.58	371				79741.1	371				77123.32	371			

Anexo 36. Test: Tukey Alfa=0.05 transparencia

Variables	a.m.		m.d.		p.m.	
	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra	Concreto	Tierra
Media	55.22cm	52.66cm	54.54cm	53.87cm	53.58cm	53.23cm
n	186	186	186	186	186	186
EE	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.65
significancia	A	B	A	A	A	A
DMS	1.66070		1.65662		1.78694	
Error:	66.6070		66.2800		77.1181	

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 37. Test: Tukey Alfa=0.05 transparencia

Fondo	Nº. Estanque	a.m.						m.d.						p.m.					
		Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia	Medias	n	EE	DMS	Error	Significancia
Concreto	A1	61.77	62	1.04	4.1853	66.6070	B	60.65	62	1.04	4.17498	66.2800	B	60.24	62	1.12	4.50341	77.1181	B
	D2	52.26	62	1.04	4.1853	66.6070	C	52.42	62	1.04	4.17498	66.2800	C	50.16	62	1.12	4.50341	77.1181	C
	D3	51.61	62	1.04	4.1853	66.6070	C	50.56	62	1.04	4.17498	66.2800	CD	49.27	62	1.12	4.50341	77.1181	C
Tierra	B3	44.35	62	1.04	4.1853	66.6070	D	46.45	62	1.04	4.17498	66.2800	D	47.50	62	1.12	4.50341	77.1181	C
	B4	76.69	62	1.04	4.1853	66.6070	A	76.05	62	1.04	4.17498	66.2800	A	73.71	62	1.12	4.50341	77.1181	A
	C7	36.94	62	1.04	4.1853	66.6070	E	39.11	62	1.04	4.17498	66.2800	E	39.52	62	1.12	4.50341	77.1181	D

gl: 305

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )