



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

### Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*)

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Médico Veterinario.

**AUTOR:**

Jovinson Francisco Jima Jima

**DIRECTOR:**

Dr. Edgar Enrique Benítez González, PhD

Loja – Ecuador

2025



UNL

Universidad  
Nacional  
de Loja

Sistema de Información Académico  
Administrativo y Financiero - SIAAF

## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **BENITEZ GONZALEZ EDGAR ENRIQUE**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra (*Oreochromis Niloticus*)**, perteneciente al estudiante **JOVINSON FRANCISCO JIMA JIMA**, con cédula de identidad N° **1950100485**.

### Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, ella señoría docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 5 de Agosto de 2024



EDGAR ENRIQUE  
BENITEZ GONZALEZ

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001998

1/1  
*Educamos para Transformar*

## **Autoría**

Yo, **Jovinson Francisco Jima Jima** declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**



**Cédula de identidad:** 1950100485

**Fecha:** 27/01/2025

**Correo electrónico:** jovinson.jima@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991618105

**Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular**

Yo, **Jovinson Francisco Jima Jima**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*)**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintisiete días del mes de enero de dos mil veinticinco.

**Firma:**



**Autor:** Jovinson Francisco Jima Jima

**Cédula:** 1950100485

**Dirección:** Paquisha, Zamora Chinchipe

**Correo electrónico:** jovinson.jima@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0991618105

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Integración Curricular:**

Dr. Edgar Enrique Benítez González, PhD

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mis padres, quienes han dedicado los años más valiosos de sus vidas para apoyarme incondicionalmente; a mis hermanos, por ser un pilar de apoyo constante en esta travesía ; y a mis demás familiares, por darme fortaleza para cumplir con cada uno de mis objetivos.

***Autor: Jovinson Francisco Jima Jima***

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer a Dios, quien ha sido mi guía espiritual en cada momento de esta travesía, permitiéndome superar numerosos desafíos y culminar con éxito mis estudios académicos.

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, y en especial a la carrera de Medicina Veterinaria, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente. Mi gratitud se extiende a los docentes de mi carrera, quienes, con dedicación y compromiso, compartieron sus conocimientos a lo largo de este proceso de formación académica.

A mis padres, Víctor Francisco Jima Herrera y Sonia Belén Jima Molina, les debo todo mi agradecimiento por su apoyo incondicional, tanto económico como emocional. Gracias por ser una parte fundamental de este sueño y por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles.

A mis hermanos, gracias por recordarme el valor de la humildad y por ser un pilar importante en este recorrido.

Finalmente, quiero agradecer de manera especial a mi director de tesis, el Dr. Edgar Benítez González, PhD., un docente de gran experiencia y conocimiento, quien me guió con sabiduría y dedicación en la realización de mi proyecto de investigación.

¡GRACIAS!

***Autor: Jovinson Francisco Jima Jima***

## Índice de contenidos

Portada .....	i
Certificación .....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización por parte del autor/a; para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo del Trabajo de Integración Curricular .....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento .....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras .....	xiii
Índice de anexos .....	xiv
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción .....	4
4. Marco Teórico.....	5
4.1. Cultivo de tilapia en el Ecuador .....	5
4.2. Infraestructura.....	5
4.2.1. Suelo.....	5
4.2.2. Estanques.....	5
4.2.2.1. Estanques rústicos.....	6

4.2.2.2.	Estanques de concreto y geomembrana.....	6
4.2.2.3.	Tinas plásticas.....	6
4.2.2.4.	Jaulas flotantes.....	6
4.2.3.	Fuentes de agua .....	6
4.3.	Sistemas de producción .....	7
4.3.1.	Sistema extensivo.....	7
4.3.2.	Sistema semi-intensivo .....	7
4.3.3.	Sistema intensivo .....	7
4.4.	Parámetros fisicoquímicos del agua para cultivo de tilapia .....	8
4.4.1.	Temperatura .....	8
4.4.2.	Oxígeno disuelto .....	8
4.4.3.	Dureza .....	8
4.4.4.	pH.....	8
4.4.5.	Turbidez .....	8
4.4.6.	Amonio.....	9
4.5.	Labores de manejo.....	9
4.5.1.	Desinfección de estanques .....	9
4.5.3.	Siembra.....	9
4.5.4.	Densidad.....	10
4.6.	Necesidades nutricionales.....	10
4.6.1.	Proteína.....	10



4.6.2.	Aminoácidos: .....	10
4.6.3.	Energía: .....	10
4.6.4.	Vitaminas y minerales .....	11
4.7.	Alimentación .....	11
4.8.	Consumo de alimento .....	12
4.9.	Fases de producción de tilapia.....	13
4.9.1.	Pre-cría .....	13
4.9.2.	Crecimiento .....	14
4.9.3.	Engorde .....	14
4.10.	Fertilización de estanques .....	14
4.10.1.	Fertilizantes inorgánicos .....	14
4.10.2.	Uso de fertilizantes inorgánicos .....	15
4.10.2.1.	Método de la plataforma:.....	15
4.10.2.2.	Sacos de nylon .....	15
4.10.2.3.	Disuelto en agua .....	16
4.11.	Sanidad de la tilapia: .....	16
5.	Material y Métodos .....	18
5.1.	Materiales .....	18
5.1.1.	De Campo.....	18
5.1.2.	De Oficina .....	18
5.2.	Métodos .....	19

5.2.1	Área de estudio.....	19
5.2.2.	Instalaciones .....	19
5.2.3.	Unidades Experimentales .....	20
5.2.4.	Tratamientos.....	20
5.2.5.	Diseño experimental.....	20
5.2.6.	Variables en estudio .....	20
5.2.7.	Toma y registro de datos .....	21
5.2.8.	Análisis estadístico.....	24
6.	Resultados .....	25
6.1.	Parámetros físico-químicos del agua.....	25
6.2.	Peso promedio .....	26
6.3.	Incremento de peso .....	28
6.4.	Consumo de alimento .....	29
6.5.	Conversión alimenticia.....	31
6.6.	Mortalidad .....	32
6.7.	Rentabilidad.....	33
6.7.1.	Costos.....	33
6.7.2.	Ingresos .....	35
6.7.3.	Calculo de rentabilidad.....	36
7.	Discusión.....	39
7.1.	Parámetros físico-químicos del agua.....	39

7.2.	Peso promedio .....	40
7.3.	Incremento de peso .....	40
7.4.	Consumo de alimento .....	41
7.5.	Conversión alimenticia .....	41
7.6.	Mortalidad .....	42
7.7.	Rentabilidad.....	42
8.	Conclusiones.....	44
9.	Recomendaciones .....	45
10.	Bibliografía.....	46
11.	Anexos.....	51

## Índice de tablas

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de vitaminas y minerales en la tilapia nilótica. ....	11
Tabla 2. Tabla de consumo de alimento.....	13
Tabla 3. Enfermedades más comunes en el cultivo de Tilapia. ....	17
Tabla 4. Tabla de variables y equipos para la toma de parámetros físico-químicos del agua. 21	
Tabla 5. Parámetros físico-químicos del agua del estanque testigo.....	25
Tabla 6. Parámetros físico-químicos del agua del estanque fertilizado. ....	26
Tabla 7. Peso promedio quincenal del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización. ....	27
Tabla 8. Incremento de peso quincenal del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización. .....	28
Tabla 9. Consumo de alimento en Kg/quincena de los dos grupos experimentales. ....	30
Tabla 10. Conversión alimenticia del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización. ....	31
Tabla 11. Costo de alimento en kg/quincenal de cada grupo experimental.....	33
Tabla 12. Costos de mano de obra para la alimentación de la tilapia. ....	35
Tabla 13. Ingresos por venta de tilapia. ....	36
Tabla 14. Rentabilidad obtenida en los dos grupos experimentales. ....	37
Tabla 15. Rentabilidad obtenida en los dos grupos experimentales considerando solo gastos operativos. ....	38

## Índice de figuras

Figura 1. Fertilización por medio del método de la plataforma. ....	15
Figura 2. Fertilización en sacos de Nylon. ....	16
Figura 3. Fertilizante disuelto en agua. ....	16
Figura 4. Ubicación geográfica del lugar de investigación. ....	19
Figura 5. Peso promedio por tratamiento durante las seis quincenas.....	27
Figura 6. Incremento de peso promedio durante las seis quincenas. ....	29
Figura 7. Consumo de alimento promedio en los dos grupos experimentales. ....	30
Figura 8. Conversión alimenticia de los grupos experimentales.....	32
Figura 9. Desinfección de estanques .....	56
Figura 10. Toma de parámetros físico-químicos del agua .....	56
Figura 11. Siembra de alevines .....	57
Figura 12. Dosificación de la urea .....	57
Figura 13. Aplicación de la urea en bosas de nylon.....	58
Figura 14. Control de la turbidez de los estanques .....	58
Figura 15. Pesaje quincenal de la tilapia .....	59
Figura 16. Evaluación visual del estanque fertilizado.....	59
Figura 17. Evaluación visual del estanque testigo .....	60

## Índice de anexos

Anexo 1. Tabla de concentración de oxígeno disuelto en función de la temperatura solo para agua dulce.....	51
Anexo 2. Tabla de alimentación pro-tilapia .....	52
Anexo 3. Análisis de varianza del peso promedio quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa Infostat.....	53
Anexo 4. Análisis de varianza del incremento de peso quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa Infostat.....	54
Anexo 5. Análisis de varianza del consumo de alimento quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa Infostat.....	54
Anexo 6. Análisis de varianza de la conversión alimenticia quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa Infostat.....	55
Anexo 7. Fotografías del proceso experimental.....	56
Anexo 8. Certificación de traducción del resumen .....	61

## **1. Título**

Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*)

## 2. Resumen

La fertilización de estanques piscícolas es una práctica comúnmente empleada en sistemas extensivos y semi-intensivos, técnica que promueve un rápido crecimiento de fitoplancton, fitobentos e insectos. Esta investigación evaluó el efecto de la urea sobre los parámetros físico-químicos del agua y en los indicadores productivos de la tilapia negra (*Oreochromis niloticus*). El trabajo experimental se desarrolló en el barrio Santa Rosa, cantón Paquisha, provincia de Zamora Chinchipe, en dos estanques de 225 m<sup>2</sup>, con una densidad de siembra de 15 alevines/m<sup>2</sup>. Se compararon dos tratamientos: un estanque testigo y un estanque con fertilizante químico (urea), con una dosis de 1 g/m<sup>2</sup>/semana durante tres meses. Los resultados arrojan que la fertilización disminuyó el pH y aumentó los sólidos disueltos provocando una mayor turbidez. Además, los parámetros productivos mejoraron, obteniendo un peso final de 69,71 g en el estanque fertilizado, en comparación a 63,87 g en el estanque testigo. El consumo de alimento fue mayor en el estanque fertilizado (309,41 kg frente a 281,48 kg) y se obtuvo una conversión alimenticia más eficiente (5,52 g en relación a 6,42 g). Por otra parte, la mortalidad fue mayor en el estanque fertilizado, con el 1,24 % y del 0,41% en el estanque control. La rentabilidad fue mejor en el estanque fertilizado, con un 61,49 % y un 58,75 % en el estanque control. En definitiva, la fertilización con urea tiene un impacto en la calidad del agua y en los parámetros productivos de la tilapia al aumentar el fitobloom del estanque.

**Palabras clave:** Estanques piscícolas, urea, parámetros físico-químicos, consumo de alimento, mortalidad, rentabilidad.



## Abstract

Fertilization of fish ponds is a practice commonly used in extensive and semi-intensive systems, a technique that promotes rapid growth of phytoplankton, phytobenthos and insects. This research evaluated the effect of urea on the physicochemical parameters of the water and on the productive indicators of black tilapia (*Oreochromis niloticus*). The experimental work was carried out in the Santa Rosa neighborhood, Paquisha canton, Zamora Chinchipe province, in two 225 m<sup>2</sup> ponds, with a planting density of 15 fry/m<sup>2</sup>. Two treatments were compared: a control pond and a pond with chemical fertilizer (urea), at a dose of 1 g/m<sup>2</sup>/week for three months. The results showed that fertilization decreased pH and increased dissolved solids leading to higher turbidity. In addition, the productive parameters improved, obtaining a final weight of 69.71 g in the fertilized pond, compared to 63.87 g in the control pond. Feed consumption was higher in the fertilized pond (309.41 kg vs. 281.48 kg) and feed conversion was more efficient (5.52 g vs. 6.42 g). On the other hand, mortality was higher in the fertilized pond at 1.24% and 0.41% in the control pond. Profitability was better in the fertilized pond, with 61.49 % and 58.75 % in the control pond. In conclusion, urea fertilization has an impact on water quality and tilapia production parameters by increasing the phyto-bloom of the pond.

**Key words:** Fish ponds, urea, physicochemical parameters, feed consumption, mortality, profitability.

### 3. Introducción

La fertilización de estanques es considerada una actividad importante en grandes producciones piscícolas, utilizada para aumentar la producción primaria del medio acuático de los peces. Esta práctica se realiza con sustancias orgánicas e inorgánicas, actualmente es empleado en sistemas extensivos y semi-intensivos, promoviendo un rápido crecimiento de fitoplancton, fitobentos e insectos, que sirven como fuente de alimento para la especie. Los principales nutrientes que participan en la fertilización son el nitrógeno, fósforo y potasio. Esta función también colabora en el desarrollo de algunas bacterias, responsables de la descomposición de materia orgánica, que, a su vez, puede liberar otros nutrientes (Amaya P et al, 2017).

Para obtener peces en corto tiempo, se aplican algunos tipos de fertilizantes. Los fertilizantes inorgánicos son empleados principalmente en camaroneras (Marcillo, 1995). La empresa Skretting manifiesta que la urea, nitrato de amonio, nitrato de sodio, fosfato diamónico y el súper triple fosfato, permiten la floración del fitoplancton, siendo una técnica válida para mejorar los parámetros productivos, reduciendo tiempo y costos de producción, el uso de fertilizantes orgánicos no es común en este tipo de producción. De ahí el interés de emplear la urea como agente anabólico en las diferentes etapas de vida de la tilapia, evaluando el incremento de peso, conversión alimenticia y rentabilidad como medio control de la producción.

La calidad del agua es uno de los componentes más importantes para la salud y bienestar de la tilapia. El manejo de los parámetros productivos depende de las condiciones en la que se encuentre. Según el zootecnista Zanoló (2022), los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua son el oxígeno disuelto, temperatura, pH, amoníaco y alcalinidad. La FAO (s.f.-c), afirma que la composición del agua de un estanque cambia continuamente por los impactos medioambientales de la zona y la forma de manejo del estanque. La mala calidad del agua afecta negativamente al bienestar de la especie, causando estrés, enfermedades de cualquier tipo e incluso la muerte.

Actualmente, el productor se enfrenta a varias situaciones. Una de las principales es la exigencia de ofrecer un producto en el menor tiempo posible y, además, satisfacer la demanda del mercado. Las dietas balanceadas, en gran parte, no cubren la petición del productor en lo referente a un rápido crecimiento y engorde de tilapia, por lo que se recurre a administrar algunos aceleradores de crecimiento en los estanques (Toscano, 2011).

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Cultivo de tilapia en el Ecuador**

Ecuador es uno de los países latinoamericanos exportadores de tilapia. En el año 2021, exportó 1 157 000 libras de tilapia. Su producción en la Costa cubrió aproximadamente el 10 % de los ingresos que antes recibía Ecuador por exportaciones de camarón (Cazar, 2022).

Actualmente, Ecuador es uno de los mayores productores de tilapia de la región. La implementación de esta regulación ha llevado a un aumento constante de la producción, una mejor calidad del producto y una reducción de los impactos ambientales negativos. Según el INEN (s.f.), la producción de tilapia ha alcanzado alrededor de 40 000 toneladas en el año 2022, consolidando la posición del país como uno de los actores del mercado acuícola internacional. El Ministerio de Acuicultura y Pesca afirma que, principalmente se cultiva tilapia en las provincias de la Costa (Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas) y la Amazonía (Sucumbíos, Pastaza, Napo y Zamora Chinchipe), aunque también se observa en la Sierra (Cotopaxi, Bolívar, Loja y Azuay) (El universo, 2018).

### **4.2. Infraestructura**

#### **4.2.1. Suelo**

El suelo es un factor principal para iniciar la construcción de los estanques. Se debe considerar la topografía, formato y tamaño del terreno, es decir, un terreno plano o con un pequeño declive. La composición del suelo es otro factor fundamental en la acuicultura, la retención de agua es una propiedad importante. Los suelos deben ser arcillosos o más plásticos, debido a su capacidad de compactación (Ono & Kubitzka, 2003).

#### **4.2.2. Estanques**

Los estanques son estructuras diseñadas específicamente para la cría de especies acuáticas. En el caso de la crianza de tilapia estos pueden variar en tamaño y forma, y estos pueden ser embalses artificiales o naturales. La capacidad de llenar y vaciar fácilmente los estanques es una característica importante para el manejo eficiente de la acuicultura. La forma ideal del estanque es rectangular, pero puede depender de varios factores como el relieve y el tamaño del predio; además, facilita la cosecha y un mejor aprovechamiento del agua de recambio, puesto

que recorre todo el entorno del mismo. Una piscina excavada en la tierra con terraplenes debe tener una profundidad de 1 a 1,5 m (Martínez, 2006).

#### **4.2.2.1. Estanques rústicos**

Las peceras se realizan a partir de excavaciones en la tierra, estos son diseñados con métodos de llenado y vaciado de agua de manera controlada. Son estanques simples en comparación con otros, porque actualmente son diseñados a partir de estructuras más tecnificadas y con material prefabricado. La entrada del agua deberá efectuarse por gravedad para minimizar costos (Ríos, 2012).

#### **4.2.2.2. Estanques de concreto y geomembrana**

Son recintos acuícolas fáciles de construir, se requiere de material más costoso así como el cemento, hierro o tan solo geomembrana. Son estructuras más duraderas y permiten obtener una excelente producción debido a la alta calidad del material, ya que prácticamente los peces no están en contacto con fondos de tierra (Ríos, 2012).

#### **4.2.2.3. Tinas plásticas**

Los recipientes de plástico son un sistema sencillo y rápido de instalar. Las piscinas se construyen de plástico entre ellas se emplean formas redondas, cuadradas o rectangulares, lo que permite a los productores poner en marcha sus operaciones de manera más rápida. El inconveniente de las tinas plásticas es su alto costo de adquisición, pero apto para un proceso de producción más intensivo (Martínez, 2006).

#### **4.2.2.4. Jaulas flotantes**

Las jaulas flotantes son empleadas en sistemas super-intensivos, estas son ubicadas en lagos o ríos con profundidades superiores a los tres metros. Las jaulas poseen una estructura flotante de cualquier tipo de material, permitiendo que toda su estructura se encuentre sumergida, menos la porción del techo, ya que esta debe estar en la superficie del agua (Espejo & Torres, 2001).

### **4.2.3. Fuentes de agua**

Las fuentes de agua están conformadas por la entrada y salida del mismo. Estas deben ser ubicadas en cada extremo del estanque de forma opuesta, este método permite un buen recambio del agua. El control del agua es el factor principal para el bienestar de la producción,

los estanques necesitan un agua que fluya por gravedad, por eso es importante ubicar el chorro lo más elevado posible, así aportando varias ventajas al cultivo. El abastecimiento del agua es otro factor a considerar para mejorar mucho más su calidad, esta debe estar ubicada lo más cerca posible al estanque. La conducción se puede realizar utilizando diferentes métodos, como acequias, mangueras o tuberías PVC, dependiendo del sistema que se maneje y las condiciones locales. La cantidad de agua en cualquier sistema acuícola va a depender del área del estanque y la densidad de siembra (Toscano, 2011).

### **4.3. Sistemas de producción**

#### **4.3.1. Sistema extensivo**

El sistema de producción extensivo tiene costos mínimos en establecimiento y manejo. La alimentación presenta costos muy bajos, el cual, el hombre puede o no aportar alimento o esta puede ser de menor calidad, es decir, utiliza recursos sumamente económicos. Este sistema implica fuentes de alimento natural disponibles localmente. Se usa densidades de 0,5 a 3,0 peces/m<sup>2</sup> (Arévalo, 2011).

#### **4.3.2. Sistema semi-intensivo**

El sistema de cultivo semi-intensivo usa una densidad de 4 a 15 peces/m<sup>2</sup>. La producción necesita de varios recursos disponibles para el control de la calidad del agua, tamaño de los peces en el ciclo de producción y la capacidad de manejo del sistema. En este sistema se valora el monitoreo de los parámetros físico-químicos del agua como amonio, pH, temperatura y oxígeno disuelto, esencial para garantizar un entorno acuático saludable. Además, se considera una alimentación más controlada (Espejo & Torres, 2001).

#### **4.3.3. Sistema intensivo**

El sistema intensivo incluye tanques mucho más pequeños, lo que implica un enfoque más compacto y un manejo de cultivo más técnico. La densidad de siembra es de 50 a 100 peces/m<sup>3</sup>, el sistema se acompaña de aireación artificial para una gran renovación del agua y alimento de alta calidad (Baltazar & Palomino, 2004). Para este tipo de producción, también hay que considerar una buena gestión de los piensos, control de la calidad del agua y otros factores que permitan el bienestar en altas densidades. Este tipo de densidad garantiza una gran eficiencia en la producción (Arévalo, 2011).

## **4.4. Parámetros fisicoquímicos del agua para cultivo de tilapia**

### **4.4.1. Temperatura**

La temperatura normal del agua para un estanque de producción de tilapia corresponde entre 18 a 30 °C. Durante los meses fríos, los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno (Martínez, 2006).

### **4.4.2. Oxígeno disuelto**

La concentración óptima de oxígeno disuelto en la tilapia debe ser mayor a 5 y 9 mg/L, sin embargo, cuando baja la concentración puede tener un metabolismo anaeróbico, esto retrasa su crecimiento y, a su vez, causa la muertes de los peces (Barba, 2015).

### **4.4.3. Dureza**

Según Zamora (2009), la dureza del agua se refiere a la concentración de iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) presentes en el agua, y a veces también incluye otros cationes como hierro (Fe) y manganeso (Mn). Este parámetro se mide en cuatro categorías: dureza blanda (0-60 mg/L CaCO<sub>3</sub>), dureza moderada (61-120 mg/L CaCO<sub>3</sub>), dureza dura (121-180 mg/L CaCO<sub>3</sub>) y dureza muy dura (más de 180 mg/L CaCO<sub>3</sub>).

### **4.4.4. pH**

Martínez (2006), afirma que la tilapia roja crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino, cuyos valores oscilan entre 6.5 a 9. Su crecimiento disminuye en un ambiente ácido, es decir, a un pH de 5. La dureza normal está entre 80-110 mg/L, valores que favorecen la neutralización de los ácidos del medio acuático.

### **4.4.5. Turbidez**

La turbidez del agua se mide con un instrumento llamado disco de Secchi, el cual debe estar visible entre 25 o 35 cm al sumergirla en el estanque. La turbidez incluye algas, materia orgánica y otros sedimentos, que hacen que el agua se vea opaca (Martínez et al, 2006). La turbidez actúa en la dispersión de la luz, afectando directamente a los peces, por una disminución de la fotosíntesis sobre el fitoplancton (Barba, 2015). Las aguas de coloración

verde son poco transparentes y brindan indicios de productividad, es decir, alimento natural disponible para las especies herbívoras y omnívoras (Martínez, 2006).

#### **4.4.6. Amonio**

Chipepe (2021), afirma que el amoníaco es más tóxico a altas temperaturas (32 °C). La disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amoníaco, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces. Las concentraciones normales de amoníaco son de 0,01 a 0.3 mg/L con un promedio de 0,15 mg/L.

### **4.5. Labores de manejo**

#### **4.5.1. Desinfección de estanques**

La desinfección entre los ciclos de cultivo es una práctica importante para prevenir la acumulación de patógenos, parásitos y otros microorganismos. Para ello, dejamos el estanque expuesto al sol durante un período de tiempo. La radiación solar puede ayudar a desinfectar el agua y las superficies del estanque, matando algunos microorganismos. El encalado es una práctica común en la acuicultura para tratar estanques de tierra. La aplicación de cal (óxido o carbonato de calcio) tiene varios propósitos y beneficios en el manejo de estanques acuícolas (Obregón, 2006). Para el encalado de las peceras, se ha demostrado que una aplicación de 3 000 a 5 000 kg/ha de cal hidratada o 2 300 a 3 800 kg/ha de cal quemada, es capaz de eliminar microorganismos no deseados, incluidos los vectores de enfermedades (Sailema, 2023).

#### **4.5.2. Empaque y transporte**

Los alevines son colocados en bolsas plásticas (dobles), con un tercio de agua y dos tercios de oxígeno. El traslado de peces debe ser realizado de manera cuidadosa para garantizar la salud de los animales. Al llegar a su destino, es primordial que los peces se acostumbren gradualmente (aclimatación) a su nuevo entorno antes de liberarlos al estanque (Martínez, 2006).

#### **4.5.3. Siembra**

Los peces están listos para la siembra a los 30 días. Al primer día de siembra los alevines no se deben de alimentar. En esta etapa se debe monitorear el crecimiento de los peces y ajustar la densidad si es necesario. Un monitoreo regular permitirá evaluar la salud de los peces, evitar

problemas de estrés y enfermedad. Por su estado de vulnerabilidad es importante proteger a los alevines contra depredadores especialmente de las aves (El Productor, 2017).

#### **4.5.4. Densidad**

Peña (2011), menciona que la densidad de siembra, o la cantidad de peces por unidad de volumen, es un factor crucial en la acuicultura y en la cría de peces, generalmente varía de acuerdo al sistema de cultivo que se maneje.

### **4.6. Necesidades nutricionales**

#### **4.6.1. Proteína**

Torres et al (2012), encontró que un contenido del 34-36 % de proteína cruda en la dieta, proporciona mayor crecimiento en alevines de tilapia de 1 a 5 g. En la fase de larva se recomienda el 35% de PB para su máximo desempeño. Según la FAO (s.f.-a), los requerimientos de proteína para las larvas que se alimentan por primera vez, son del 45-50 % de proteína, para los juveniles de 10 a 25 g es del 30-35 % de proteína y para los de crecimiento mayor de 25 g es del 28-30 % de proteína.

#### **4.6.2. Aminoácidos:**

Los requerimientos de aminoácidos son esenciales para la tilapia, los aminoácidos sulfurados pueden ser atendidos con metionina o una mezcla de metionina y cistina, la tilapia nilótica también requiere aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, que pueden ser atendido parcialmente por la tirosina (Torres et al, 2012).

#### **4.6.3. Energía:**

Según la FAO (s.f.-a), las tilapias requieren básicamente de ácidos grasos linoleicos y araquidónico. Los lípidos como fuente de energía de bajo costo y alto nivel energético, mejoran la conversión alimenticia. El requerimiento mínimo de lípidos en la dieta de tilapia es del 5 %, pero se ha evidenciado un mejor crecimiento utilizando el 10-15 % de lípidos.

La relación proteína/energía varía entre 81 y 117 mg/kcal; esta elevada relación en peces se debe a los altos requerimientos para la síntesis de proteínas necesarias para la formación de tejidos. En la fase de larva con una ración de 3 300 kcal de ED/kg es de 85,49 mg de PD/kcal (Torres et al, 2012).



#### 4.6.4. Vitaminas y minerales

Cuellar (2021), menciona que uno de los suplementos agregados a la dieta de las tilapias reproductoras es el ácido ascórbico (Vitamina C), ya que mejora la eclosión de los huevos y aumenta la supervivencia de los alevines. La vitamina C facilita la absorción de hierro, previniendo así, la anemia en peces. Los minerales son importantes ya que actúan en los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel celular. También influye en la formación de huesos, escamas y dientes. Las tilapias pueden absorber algunos minerales en la dieta, como calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y selenio (Torres et al, 2012).

**Tabla 1.** *Requerimientos nutricionales de vitaminas y minerales en la tilapia nilótica.*

<b>Vitaminas</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Minerales</b>	<b>Requerimiento</b>
<b>A</b>	2 000-5 000 UI	<b>Ca</b>	0,3-0,7 %
<b>B1</b>	2-60 mg/kg	<b>P</b>	0,5-0,10 %
<b>B2</b>	5-60 mg/kg	<b>I</b>	0,6-1,1 mg/kg dieta
<b>B6</b>	2-20 mg/kg	<b>Mg</b>	0,5-0,8 g/kg dieta
<b>C</b>	50-1 250 mg/kg	<b>Zn</b>	20-30 mg/kg dieta
<b>D</b>	375 UI	<b>Fe</b>	< 17,05 mg/L
<b>E</b>	100-500 UI	<b>Cu</b>	< 1,267 mg/L

Fuente: Bhujel (2002).

#### 4.7. Alimentación

La tilapia es considerada un pez omnívoro que consume una gran variedad de alimentos. Entre ellos, tenemos los alimentos comerciales como el balanceado; además, larvas, gusanos e insectos. También incluye en su dieta gramíneas, leguminosas y otros subproductos agrícolas. El porcentaje de proteína óptimo para el cultivo de tilapia varía entre el 20 % y 45 %, dependiendo de la categoría del animal, pues los alevines y juveniles necesitan más proteína para el crecimiento, mientras que los peces adultos requieren menos. Por otra parte, la tilapia absorbe fitoplancton que flota en el agua (Mora, 2020).

La tilapia absorbe nutrientes macroscópicos, hasta algas unicelulares y algunas bacterias, además, tienen la tendencia a comer zooplancton. Naturalmente el fitoplancton es la base de la cadena trófica acuática. El zooplancton compuesto por pequeños invertebrados, se alimenta de estas microalgas, que a su vez, sirven como alimento para las primeras fases de desarrollo de los peces y otros organismos presentes en el estanque. Por otro lado, es conveniente considerar la biomasa en estanques piscícolas. En climas subtropicales se valora aproximadamente el 5% del peso vivo y en meses cálidos se reduce la cantidad de alimento alrededor del 4% del peso vivo (Hurtado, 2005).

#### **4.8. Consumo de alimento**

El consumo de alimento aumenta proporcionalmente en cada etapa de vida de la tilapia. Es una métrica que se expresa generalmente con la biomasa del estanque. Este parámetro permite evaluar la eficiencia alimentaria y sostenibilidad en las prácticas de manejo, ayudando a optimizar el uso de recursos y minimizar el impacto ambiental. A continuación, presentamos una tabla de consumo de alimento de acuerdo a su peso individual:

**Tabla 2.** *Tabla de consumo de alimento.*

<b>Quincenas</b>	<b>Peso promedio(g)</b>	<b>Crecimiento diario (g/día)</b>	<b>Alimento diario (% del peso vivo)</b>
<b>1</b>	5	0,27	8
<b>2</b>	10	0,36	5,7
<b>3</b>	17	0,54	5,1
<b>4</b>	29	0,93	5,0
<b>5</b>	46	1,29	4,3
<b>6</b>	69	1,79	4,1
<b>7</b>	100	2,43	4,0
<b>8</b>	140	2,86	3,4
<b>9</b>	184	3,14	2,9
<b>10</b>	231	3,43	2,6
<b>11</b>	282	3,71	2,3
<b>12</b>	337	4,0	2,1
<b>13</b>	396	4,0	1,8
<b>14</b>	451	4,14	1,6
<b>15</b>	509	4,14	1,5

Fuente: Ramos (2012).

## **4.9. Fases de producción de tilapia**

### **4.9.1. Pre-cría**

La etapa de pre-cría se enfoca en alevines con pesos de 1 a 5 gramos, en los estanques de iniciación. Este rango de peso generalmente abarca la transición entre las fases de larva y juvenil. El concentrado utilizado tiene un contenido de proteína del 45 % (Toscano, 2011).

#### **4.9.2. Crecimiento**

La fase de crecimiento abarca peces con un peso de 5 a 80 gramos, los peces cultivados son alimentados con concentrado del 30 a 32 % de proteína. La distribución de 4 a 6 raciones/día es consistente con la práctica de alimentación frecuente. Alimentar a intervalos regulares a lo largo del día ayuda a optimizar la asimilación de nutrientes y puede mejorar la eficiencia de la conversión alimenticia (El Productor, 2017).

#### **4.9.3. Engorde**

La etapa de engorde comprende desde los 80 g, hasta la cosecha con un peso de (600-900 g), los peces se alimentan con balanceado que contiene el 28 y 30 % de proteína. La alimentación es distribuida entre 2 a 4 raciones/día (Ganoza et al, 2021).

#### **4.10. Fertilización de estanques**

La fertilización de estanques es una práctica común en la acuicultura, especialmente en sistemas extensivos y semi-intensivos. Esta técnica tiene como objetivo mejorar la productividad del ecosistema acuático, acelerando el crecimiento de organismos naturales, como fitoplancton, zooplancton e insectos.

La tilapia es un pez filtrador de por vida, que aprovecha el alimento natural durante todo su ciclo de producción. Por esta razón, la fertilización contribuye a la producción de alimento adicional sin afectar su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, es importante gestionar su uso para evitar problemas ambientales, como crecimientos agresivos de algas y floraciones nocivas. Un equilibrio adecuado en la aplicación de fertilizantes es esencial para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos (Amaya et al, 2017).

##### **4.10.1. Fertilizantes inorgánicos**

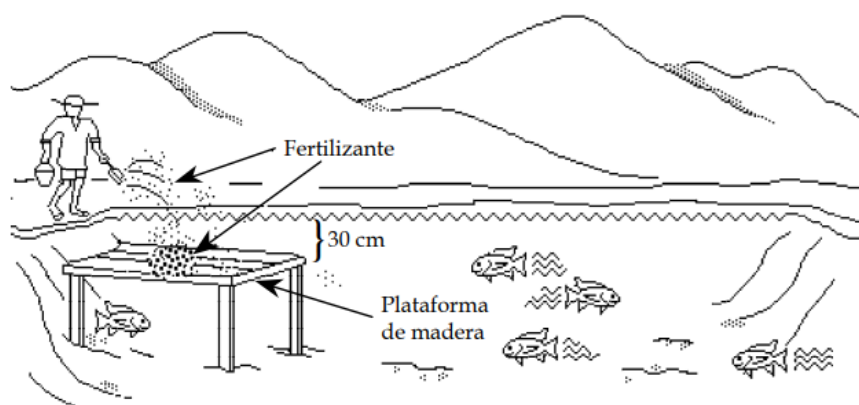
Los fertilizantes inorgánicos están compuestos de tres minerales esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. En una producción de peces, se puede utilizar insumos inorgánicos como el fertilizante NPK, trifosfato o urea. Arevalo (2023) considera que, en sus prácticas de fertilización con urea, obtuvo excelentes resultados aplicando 1 g/m<sup>2</sup> cada tres días. Por su parte, Bocek (2023) confirma que una dosis semanal de fertilizante químico varía entre 1,25 y 1,75 g/m<sup>2</sup>. Según la FAO (s.f-b), se recomienda aplicar una dosis de 10-20 kg/ha de urea y 15 kg/ha de supertripe fosfato cada semana.

#### 4.10.2. Uso de fertilizantes inorgánicos

La mayoría de los fertilizantes químicos son granulares, por ese motivo no deben arrojarse directamente al estanque, ya que pierden su efectividad al enterrarse en el fondo, además puede representar un riesgo para los peces si lo consumen. Para ello, es importante emplear métodos adecuados que permitan una distribución uniforme de los nutrientes por todo el estanque.

##### 4.10.2.1. Método de la plataforma:

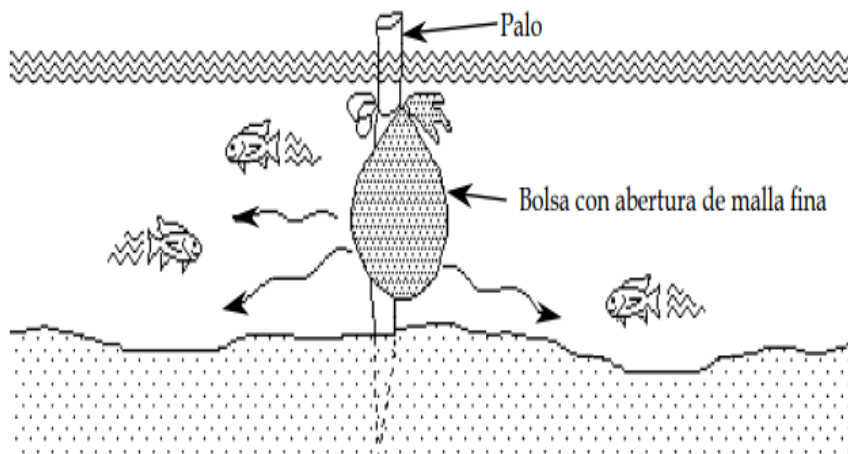
Este método consiste en colocar una plataforma aproximadamente 30 centímetros por debajo de la superficie del agua. A medida que los nutrientes se disuelven, son distribuidos por la acción del oleaje en todo el estanque (Bocek, 2023).



*Figura 1. Fertilización por medio del método de la plataforma.*

##### 4.10.2.2. Sacos de nylon

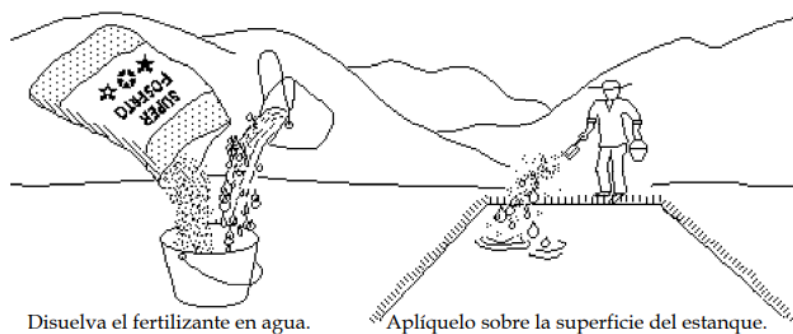
En este método, los sacos de nylon se llenan con la cantidad requerida de fertilizante, continuamente son colgados en palos sumergidos por debajo del agua. Es importante que las bolsas no se ubiquen a demasiada profundidad para que el oleaje distribuya los nutrientes correctamente (Bocek, 2023).



*Figura 2. Fertilización en sacos de Nylon.*

#### **4.10.2.3. Disuelto en agua**

El fertilizante se disuelve en baldes con agua. Luego, la solución es esparcida sobre toda la superficie del estanque utilizando un pequeño recipiente (Bocek, 2023).



*Figura 3. Fertilizante disuelto en agua.*

#### **4.11. Sanidad de la tilapia:**

Mantener peces en cautiverio implica proporcionarles un ambiente que puede diferir significativamente de su hábitat natural. Los piscicultores deben comprender las necesidades especiales de cada especie y esforzarse por crear un entorno lo más parecido posible a sus condiciones naturales. El manejo adecuado del medio acuático, incluyendo el monitoreo de parámetros como temperatura, pH, amoníaco y oxígeno, esencial para reducir el estrés y garantizar condiciones óptimas para su crecimiento y salud (Martínez, 2006).

La mayoría de las enfermedades de la tilapia están relacionadas con la dieta, el estrés y los parásitos. La falta de alimentos es una de las consecuencias de la agricultura intensiva, y la nutrición de los peces a menudo disminuye porque no tienen acceso a fuentes alternativas de

alimentos. El estrés, debido a la manipulación, el hacinamiento, los cambios de temperatura, los bajos niveles de oxígeno disuelto, la presencia de sustancias nocivas en el agua también son factores que afectan la salud de los peces.

Adicionalmente, los productos químicos y los desechos agrícolas contribuyen a la generación de contaminantes. Las infecciones por organismos o patógenos en los peces pueden aparecer en la piel, branquias y aletas, además, pueden afectar algunos órganos y sistemas. (Arita, 2022).

Mocha (2009) manifiesta que en la acuicultura, al igual que en otros sistemas biológicos, pueden ocurrir enfermedades causadas por diversos agentes patógenos, incluyendo hongos, parásitos, virus y bacterias.

**Tabla 3.** *Enfermedades más comunes en el cultivo de Tilapia.*

<b>Principales enfermedades de la tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)</b>		
<b>Bacterianos</b>	<b>Parasitarias</b>	<b>Fúngicas</b>
Aeromonas	Protozoarios unicelulares	Saprolegnia Achyla
Pseudomonas	(Trypanosoma, Costia y	Ichthyophonus
Corynebacterium	Oodinium)	Branchiomyces
Vibrio	Ectoparásitos	Dermocystidium
Flexibacter	(Ichthyophthirius,	
Cytophaga	Chilodonella, Tricodina y	
Mycobacterium Nocardia	Zoothamnium)	
	Trematodos	
	Nemátodos	
	Acantocéfalos	
	Cestodos	

Fuente: Ramírez et al (2020).

## **5. Material y Métodos**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. De Campo**

- Dos estanques de tierra de 15 \* 15 metros cuadrados, con un área total de 225 m<sup>2</sup>, con un metro de profundidad.
- Alevines
- Fertilizante inorgánico (Urea)
- Balanceado comercial
- Termómetro de agua
- Botas
- Libreta de campo
- pH-metro
- Disco de secchi
- Balanza gramera
- Baldes
- Red de mano
- Atarraya
- Suplemento vitamínico (Vitamina C)

#### **5.1.2. De Oficina**

- Computadora
- Calculadora

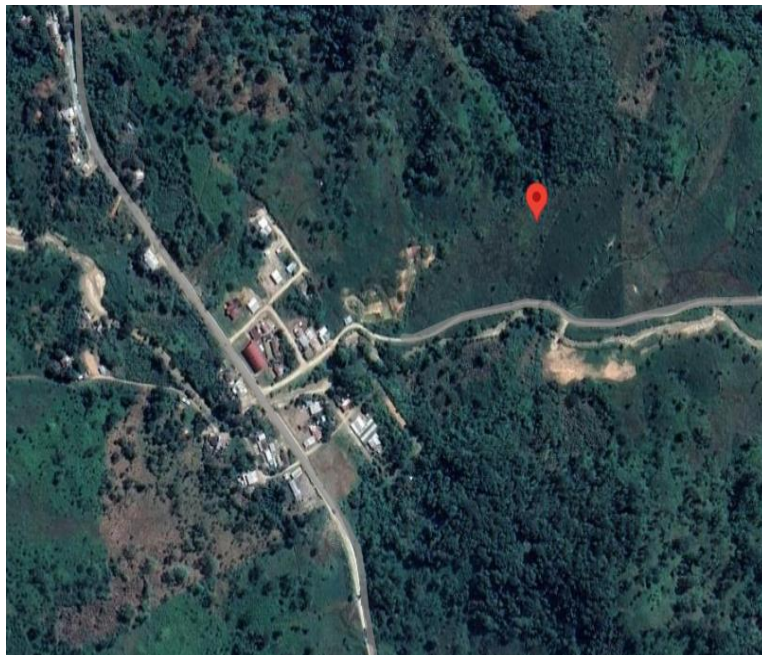


- Hojas de papel bond
- Lápices
- Esferos
- Cuadros de registros

## 5.2. Métodos

### 5.2.1 Área de estudio

El trabajo experimental tuvo lugar en el barrio Santa Rosa, cantón Paquisha, provincia de Zamora Chinchipe. Altitud de 835 m.s.n.m, con una temperatura de 25 °C, precipitaciones medias anuales de 2 000 a 3 000 mm, humedad relativa del 60 %. El sector presenta una latitud de  $-3.95242^{\circ}$  y una longitud de  $-78.66159^{\circ}$  y coordenadas  $3^{\circ}57'09.2''$  S  $78^{\circ}39'41.6''$  W.



*Figura 4. Ubicación geográfica del lugar de investigación.*

### 5.2.2. Instalaciones

Se trabajó en dos estanques de 15 x 15 m (225 m<sup>2</sup>), con un metro de profundidad, son estanques realizados a partir de excavaciones de tierra. Para la entrada y salida del agua se utilizó manguera negra, tubería PVC y mallas de protección contra depredadores.

### **5.2.3. Unidades Experimentales**

Se consideró en el presente proyecto un sistema semi-intensivo de cultivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con una densidad de siembra de 15 alevines/m<sup>2</sup>, lo que equivaldría a 3 375 alevines por estanque.

### **5.2.4. Tratamientos**

Para la aplicación de los tratamientos se consideró un estanque testigo (sin tratamiento) y un estanque con aplicación de fertilizante, es posible evaluar de manera más precisa los efectos de los tratamientos y comprender cómo afectan al ecosistema acuático.

#### **a. Tratamiento 1**

Se desarrolló en un estanque de 225 m<sup>2</sup> de un metro de profundidad, donde se cultivaron 3 375 peces, sin fertilización y sirvió como grupo testigo o control.

#### **b. Tratamiento 2**

Se desarrolló en un estanque de 225 m<sup>2</sup> de un metro de profundidad, donde se cultivaron 3 375 peces con fertilización química a base de urea en dosis de 1 g/m<sup>2</sup>, con un total de 225 g por estanque que se aplicó cada semana, durante tres meses. Para garantizar una buena distribución de la urea, se dividió en cuatro partes iguales en sacos de nylon que fueron ubicados en cada extremo del estanque.

### **5.2.5. Diseño experimental**

Se utilizó el diseño de bloques al azar, considerando a cada unidad experimental como bloque.

### **5.2.6. Variables en estudio**

#### **Parámetros físico-químicos del agua:**

- pH
- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- Sólidos disueltos

### Parámetros productivos:

- Consumo de alimento (g)
- Conversión alimenticia
- Incremento de peso (g)
- Mortalidad
- Rentabilidad.

#### 5.2.7. Toma y registro de datos

Se recolectaron datos de campo cada 15 días a lo largo de tres meses, con el fin de obtener una gran cantidad de información sobre el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo, los cuales serán anotados y tabulados en el programa de Excel.

Para la toma de los parámetros físico-químicos del agua se consideró lo siguiente:

**Tabla 4.** *Tabla de variables y equipos para la toma de parámetros físico-químicos del agua.*

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Temperatura</b>	Mide grado de calor o frío presente en el agua.	Termómetro digital específico para mediciones en agua (termómetro de alcohol) en unidades de °C.
<b>pH</b>	Es una medida de la acidez o alcalinidad del agua. Representa la concentración de iones de hidrógeno (H <sup>+</sup> ).	Medidor de pH (pH-metro).
<b>Oxígeno disuelto</b>	Es la cantidad de oxígeno molecular (O <sub>2</sub> ) que está disuelto en el agua.	Tabla de concentración de oxígeno disuelto en función a la temperatura en unidades de mg/L ( <b>Anexo 1</b> ).
<b>Sólidos disueltos</b>	Son sustancias sólidas que están disueltas en el agua.	Disco de Secchi: valores tomados en (cm).

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

## **Alimentación**

La alimentación de los peces se basó en el uso de balanceado comercial. Se utilizó pienso con diferentes porcentajes de proteína, según la etapa de vida de la tilapia. Para los alevines se usó balanceado en polvo con un 48 % de proteína. Durante la precría se utilizaron productos como el Nutra # 80 y el Nutra # 120. En la etapa de crecimiento se aplicaron balanceados de la marca piscis, con un 38 % y 32 % de proteína respectivamente.

Para la obtención de datos de las variables del consumo de alimento, incremento de peso, conversión alimenticia, mortalidad y rentabilidad, se tomó en cuenta lo siguiente:

- **Consumo de alimento**

El primer día después de sembrados los alevines, no se suministró alimento.

Para el consumo de alimento se utilizó el método al voleo.

Para calcular la cantidad de balanceado a administrar, se tomó en cuenta el porcentaje de biomasa y la distribución a lo largo del día, Este cálculo se realizó con base a la tabla recomendada por la fábrica de alimentos Pronaca que se encuentra descrita en el **Anexo 2** y aplicando la siguiente formula:

$$B= N.P*P.P$$

$$C.A= (B*P.B/100)/D.D$$

Donde:

B= Biomasa

N.P= Numero de peces

P.P= Peso promedio

C.A= Consumo de alimento

P.B= Porcentaje de biomasa

D.D= Distribución a lo largo del día

- **Incremento de peso**

El peso de la tilapia se tomó quincenalmente durante tres meses, utilizando una balanza gramera. Continuamente se obtuvieron datos del peso promedio de los dos tratamientos. El incremento de peso se calculó por diferencia entre el peso inicial y los pesos promedios, a través de la siguiente formula:

$$IP= PI-PF$$

Dónde:

IP= Incremento de peso

PI= Peso inicial

PF= Peso final

- **Conversión alimenticia**

Se realizó una comparación entre el alimento suministrado y la biomasa producida. Para calcular la conversión alimenticia utilizó la siguiente formula:

$$FCA= CA/IP$$

Dónde:

FCA= Factor de conversión alimenticia

CA= Consumo de alimento

IP= Incremento de peso

- **Mortalidad**

Los peces muertos se cuantificaron desde el momento de la siembra.

La mortalidad se registró diariamente durante los tres meses de investigación. En este caso, se empleó la siguiente formula:

$$\% M = \text{NPM} / \text{NPV} \times 100$$

Dónde:

%M= Porcentaje de mortalidad

NPV= Número de peces vivos

NPM= Número de peces muertos

- **Rentabilidad**

La rentabilidad se determinó, a partir del análisis de la relación beneficio costo en donde se tomó en cuenta lo siguiente:

- Costo de alevines
- Costo de alimentación
- Costo de materiales e insumos
- Costo de mano de obra

Para determinar la relación beneficio-costo se utilizó la siguiente formula:

$$Rb/c = IT/CT$$

Dónde:

R= Rentabilidad

IT= Ingreso total

CT= Costo total

### **5.2.8. Análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianza en cada una de las variables en estudio, mediante diseño de bloques al azar, además se aplicó la prueba de Tukey al nivel 0,05, con la ayuda del programa estadístico *Infostat (Versión 2021)*

## 6. Resultados

### 6.1. Parámetros físico-químicos del agua

Los datos correspondientes a los parámetros físico-químicos del agua en cada grupo experimental se muestran en la *Tabla 5* y *Tabla 6*.

**Tabla 5.** *Parámetros físico-químicos del agua del estanque testigo.*

<b>Quincenas</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez (cm)</b>	<b>Oxígeno (mg/l)</b>
1	25	7,65	50	8,2
2	25	7,31	40	8,2
3	25	7,41	35	8,2
4	25	7,70	25	8,2
5	25	7,50	25	8,2
6	25	7,44	25	8,2
<b>Promedio/quincenal</b>	25	7,50	33,33	8,2

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

**Tabla 6.** *Parámetros físico-químicos del agua del estanque fertilizado.*

<b>Quincenas</b>	<b>Temperatura</b> °C	<b>pH</b>	<b>Turbidez</b> (cm)	<b>Oxígeno</b> (mg/L)
1	25	7,36	50	8,2
2	25	6,98	35	8,2
3	25	7,25	30	8,2
4	25	7,51	25	8,2
5	25	7,45	25	8,2
6	25	7,30	25	8,2
<b>Promedio/quincenal</b>	25	7,31	31,66	8,2

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

Los parámetros físico-químicos del agua en los dos grupos experimentales presentan una notable diferencia en el pH y turbidez. El estanque testigo mostró un pH promedio de 7,50 alcanzando un máximo de 7,70 en la cuarta quincena, lo que indica una tendencia hacia condiciones más alcalinas. En el estanque fertilizado se observó un agua, con un pH promedio de 7,31, mostrando un valor mínimo en la segunda quincena, con 6,98, lo que indica un aumento de acidez en ese período.

En términos de sólidos totales, la turbidez en el estanque con fertilización presentó un promedio total de 31,66 cm, y 33,33 cm en el estanque testigo, observándose una gran diferencia en las primeras quincenas. Los parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto no fueron afectados por el tratamiento.

## **6.2. Peso promedio**

Los pesos promedios, desde el inicio hasta el final del trabajo de campo, se registraron en la *Tabla 7.*

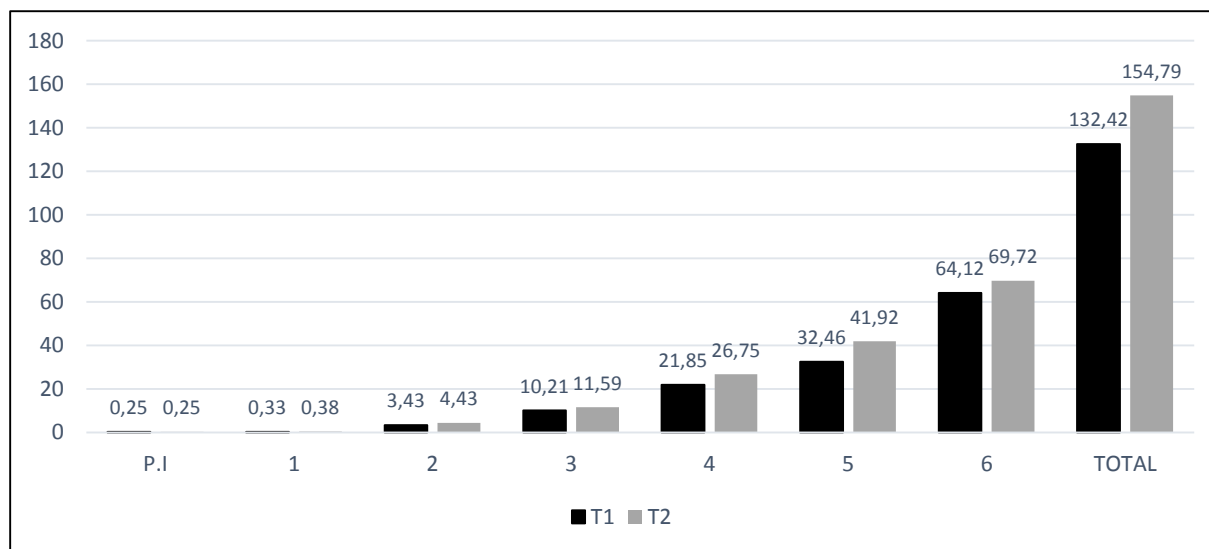


**Tabla 7.** *Peso promedio quincenal del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización.*

Quincenas	Tratamientos	
	T1	T2
<b>Peso inicial</b>	0,25	0,25
1	0,33	0,38
2	3,43	4,43
3	10,21	11,59
4	21,85	26,75
5	32,46	41,92
6	64,12	69,72
<b>Total</b>	132,42	154,79
<b>Promedio/quincenal</b>	22,07	25,80

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor



**Figura 5.** *Peso promedio por tratamiento durante las seis quincenas*

En la *Tabla 7*, se puede observar el peso promedio de cada grupo experimental, obteniendo un promedio de 25,80 g en el estanque con fertilización, seguido de 22,07 g en el estanque testigo, además, se puede evidenciar diferencias notables en la quinta y sexta quincena.

### 6.3. Incremento de peso

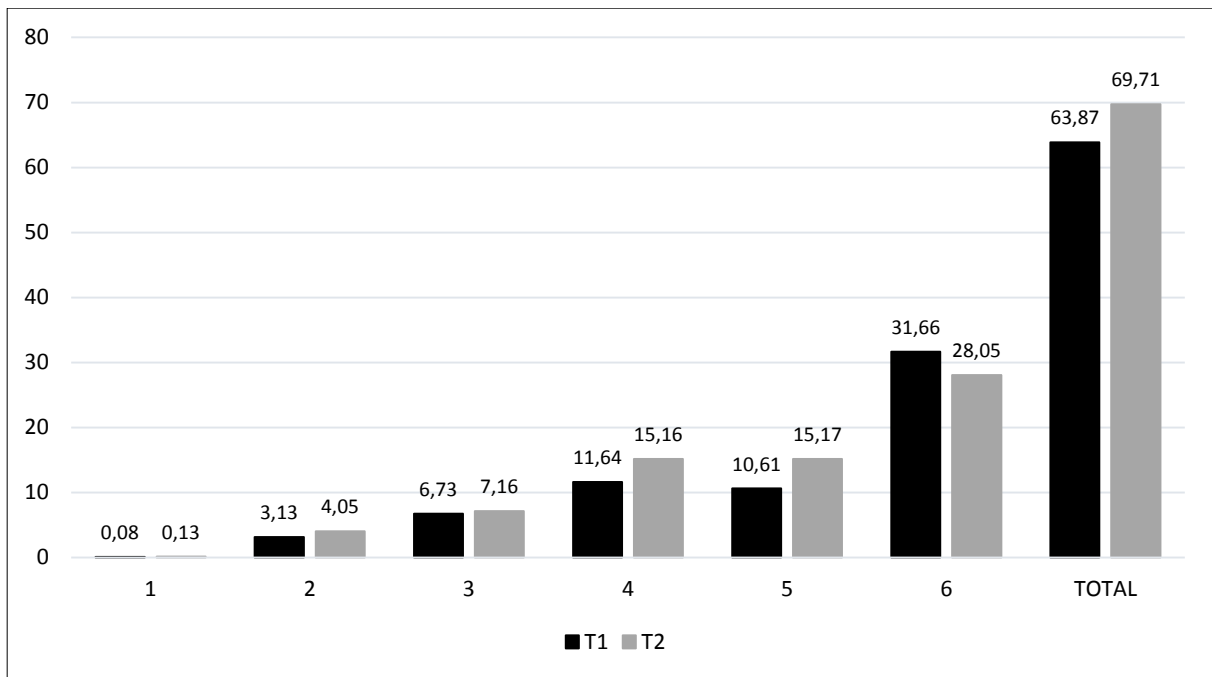
El incremento de peso se evaluó de acuerdo al peso promedio de cada quincena, desde el inicio, hasta la final del trabajo de campo. Se consideró el peso inicial del alevín, de 0,25 g, y se detalla en la *Tabla 8*.

**Tabla 8.** *Incremento de peso quincenal del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización.*

Quincenas	Tratamientos	
	T1	T2
1	0,08	0,13
2	3,13	4,05
3	6,73	7,16
4	11,64	15,16
5	10,61	15,17
6	31,66	28,05
<b>Total</b>	63,87	69,71
<b>Promedio/quincenal</b>	10,645	11,618

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor



**Figura 6.** Incremento de peso promedio durante las seis quincenas.

El incremento de peso se puede observar en la *Tabla 8*; dándonos un total de 63,87 g en el estanque testigo y 69,71 g en el estanque con fertilizante, siendo el mejor de los grupos experimentales, los mayores incrementos de peso se registraron en la cuarta, quinta y sexta quincena.

#### **6.4. Consumo de alimento**

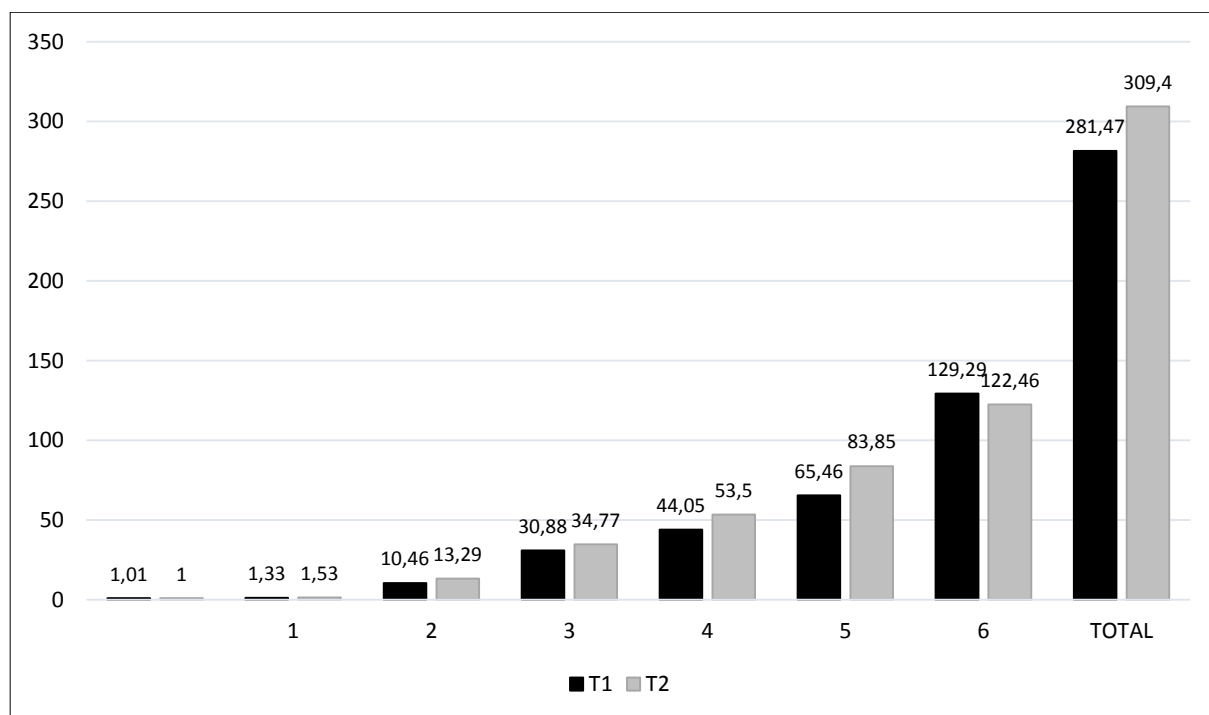
El consumo de alimento fue establecido quincenalmente en función al porcentaje de biomasa y su distribución a lo largo del día. Los datos fueron ajustados de acuerdo a la tabla recomendada de Pronaca, presentada en el **Anexo 1**. A continuación, se muestra el consumo de alimento en kilogramos en la *Tabla 9*.

**Tabla 9.** Consumo de alimento en Kg/quincena de los dos grupos experimentales.

Quincenas	Tratamientos		
	T1	T2	Total
0	1,01	1,00	2,01
1	1,33	1,53	2,86
2	10,46	13,29	23,75
3	30,88	34,77	65,65
4	44,05	53,50	97,55
5	65,46	83,85	149,31
6	129,29	122,46	251,75
<b>Total</b>	<b>281,48</b>	<b>309,41</b>	<b>590,87</b>
<b>Promedio/quincenal</b>	<b>46,91</b>	<b>51,57</b>	

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor



**Figura 7.** Consumo de alimento promedio en los dos grupos experimentales.

En la *Tabla 9* se evidencia el consumo de alimento de cada grupo experimental. Obteniendo un consumo total de 281,48 kg en el estanque testigo, y 309,41 kg en el estanque fertilizado, con una suma total de 590,87 kg de balanceado durante todo el periodo de investigación.

### 6.5. Conversión alimenticia

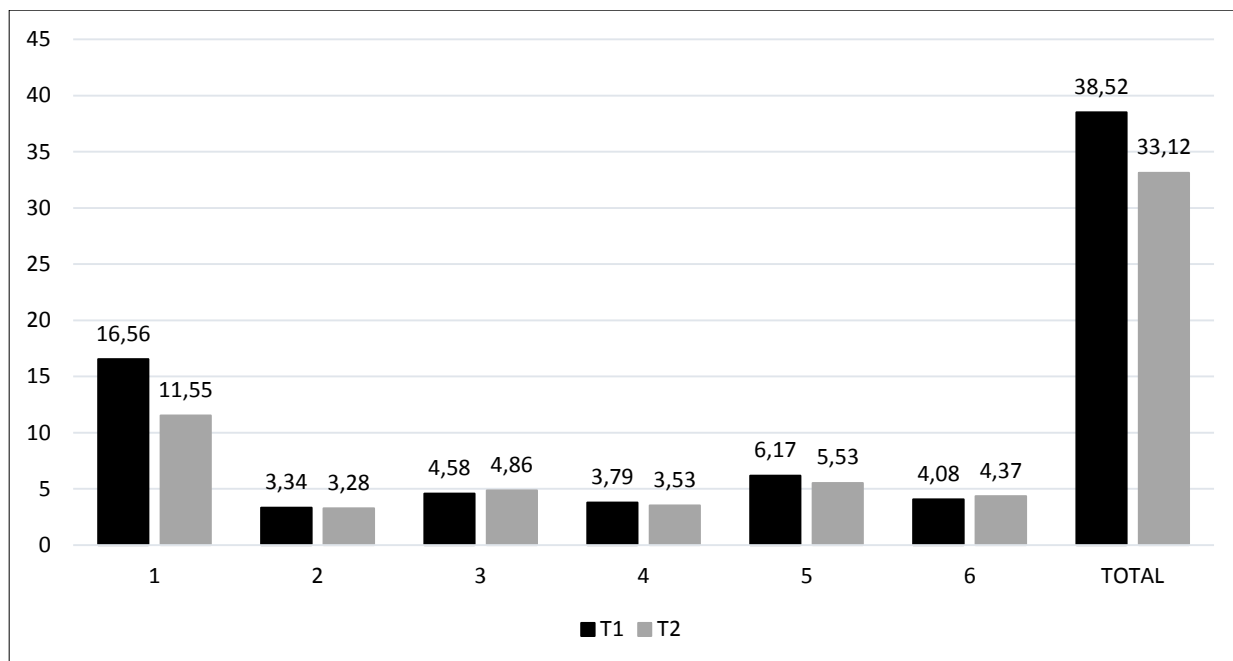
La conversión alimenticia se calculó a partir del consumo de alimento y el incremento de peso quincenal. Los resultados se detallan a continuación en la *Tabla 10*.

**Tabla 10.** *Conversión alimenticia del tratamiento testigo y tratamiento con fertilización.*

Quincenas	Tratamientos		
	T1	T2	Total
1	16,56	11,55	28,11
2	3,34	3,28	6,62
3	4,58	4,86	9,44
4	3,79	3,53	7,32
5	6,17	5,53	11,7
6	4,08	4,37	8,45
<b>Total</b>	38,52	33,11	71,64
<b>Promedio/quincenal</b>	6,42	5,52	

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor



**Figura 8.** Conversión alimenticia de los grupos experimentales.

Como nos muestra la *Tabla 10*, el mejor grado de conversión se obtuvo en el estanque fertilizado, con un promedio de 5,52 g. Es decir, que este grupo de peces ha consumido 5,52 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo, mientras, que el estanque testigo ha consumido 6,42 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo.

## 6.6. Mortalidad

Durante la fase de campo se registró una mortalidad total de 55 alevines. En el estanque control se observó una mortalidad de 14 peces equivalente al 0,41 %. En el estanque fertilizado la tasa de mortalidad fue de 42 peces, lo que corresponde al 1,26 %.

## 6.7. Rentabilidad

### 6.7.1. Costos

#### a. Costo de alevines

Se utilizó 3 375 peces en los dos estanques, con un peso promedio de 0,25 gramos, el gasto inicial fue de \$438,75.

#### b. Costos de alimentación

**Tabla 11.** Costo de alimento en kg/quincenal de cada grupo experimental.

Quincenas	Tratamientos					
	T1			T2		
	Consumo (kilos)	Costo (un/kilo)	Costo total	Consumo (kilos)	Costo (un/kilo)	Costo total
0	1,01	2,7	2,72	1,00	2,7	2,70
1	1,33	2,7	3,60	1,53	2,7	4,13
2	10,46	2,5	26,16	13,29	2,5	33,24
3	30,88	1,25	38,60	34,77	1,25	43,47
4	44,05	1,25	55,07	53,50	1,25	66,88
5	65,46	1,25	81,82	83,85	1,25	104,81
6	129,29	0,99	128,00	122,46	0,99	121,24
<b>Total</b>			329,18			359,14

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

En la presente tabla, se puede evidenciar el costo de alimentación de acuerdo al consumo de alimento, los costos del balanceado varían de acuerdo a la etapa de vida de la tilapia. En la presente investigación se generó un gasto de \$329,18 en el estanque testigo, y \$359,14 en el estanque con fertilización.

### **c. Costo de materiales e insumos**

Para determinar los gastos de materiales se tomó en cuenta lo siguiente:

- pH-metro
- Disco de secchi
- Termómetro de alcohol
- Balanza gramera
- Vitamina C

La inversión realizada en materiales e insumos fue de \$60,00 para cada tratamiento. Para el tratamiento con fertilizante se utilizó unas 6 libras de urea con un costo total de 3 dólares.

### **d. Costos de mano de obra**

En la mano de obra, se valoró las horas/día utilizadas para la alimentación de tilapia, considerando que un trabajador gana \$15.00 por día, con ocho horas de jornada normal de trabajo.



**Tabla 12.** *Costos de mano de obra para la alimentación de la tilapia.*

<b>Quincenas</b>	<b>Numero de raciones</b>	<b>Minuto/día</b>	<b>Horas/quincenas</b>	<b>Valor/hora</b>	<b>Valor total</b>
1	6	30	7,5	1,88	14,06
2	6	30	7,5	1,88	14,06
3	6	30	7,5	1,88	14,06
4	6	30	7,5	1,88	14,06
5	4	20	5	1,88	9,38
6	4	20	5	1,88	9,38
7	4	20	5	1,88	9,38
<b>Total</b>		<b>180</b>	<b>45</b>	<b>13,13</b>	<b>84,38</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

En la tabla se exponen datos del costo por la mano de obra. Durante el transcurso de la investigación, se utilizó 45 horas, dándonos una inversión total de \$84,38.

### **6.7.2. Ingresos**

Para realizar el cálculo de los ingresos, se tomó como referencia el incremento de peso total por quincena, además, se consideró que la venta normal de la libra de tilapia es de 2 dólares, es decir, que un gramo tiene un costo de \$0,0044 el cual se detalla a continuación:

**Tabla 13.** *Ingresos por venta de tilapia.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Biomasa (kg)</b>	<b>Costo (un)</b>	<b>Costo total</b>
Tratamiento (testigo)	63,87	14,85	948,47
Tratamiento (fertilizado)	69,71	14,85	1035,19
<b>Total</b>	133,58	29,7	1983,66

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

El mejor ingreso se observó en el estanque fertilizado con un costo total de \$1035,19, y luego de \$948,47 en el estanque testigo, con un ingreso total de \$1983,66 por los dos tratamientos.

### **6.7.3. Calculo de rentabilidad**

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos, se procedió a dividir los ingresos entre egresos totales, multiplicado por 100, los resultados se muestran en la *Tabla 14*:

**Tabla 14.** Rentabilidad obtenida en los dos grupos experimentales.

<b>Rubro</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Costos</b>		
Costo de alevines	219,38	219,38
Alimentación	335,96	376,46
Mano de obra para Preparación de estanques	40	40
Mano de obra para la Alimentación	42,19	42,19
Insumos y materiales	60	63
<b>Costo total</b>	<b>697,53</b>	<b>741,03</b>
<b>Ingresos</b>	<b>948,47</b>	<b>1035,19</b>
<b>Rentabilidad</b>	<b>35,97</b>	<b>39,70</b>
<b>Rb/c</b>	<b>1,36</b>	<b>1,40</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

En la presente tabla se puede observar una rentabilidad de 35,97 % en el estanque testigo y 39,70 % en el estanque con fertilización; representando una relación Rb/c de 1,36 en el tratamiento 1 y 1,40 en el tratamiento 2.

En la construcción de estanques, y compra de materiales como, termómetro, peachímetro, balanza gramera y atarraya, existe una gran inversión que se puede recuperar gradualmente. Para ello, se presenta una mejor proyección de rentabilidad en la *Tabla 15*, que se presenta a continuación:

**Tabla 15.** Rentabilidad obtenida en los dos grupos experimentales considerando solo gastos operativos.

<b>Rubro</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Costos</b>		
Costo de alevines	219,38	219,38
Alimentación	329,18	359,14
Mano de obra para la Alimentación	42,19	42,19
Insumos y materiales	0	3
<b>Costo total</b>	<b>597,53</b>	<b>641,03</b>
<b>Ingresos</b>	<b>948,47</b>	<b>1035,19</b>
<b>Rentabilidad</b>	<b>58,75</b>	<b>61,49</b>
<b>Rb/c</b>	<b>1,59</b>	<b>1,61</b>

Fuente: Investigación de campo

Elaboración: El Autor

La rentabilidad, considerando gastos operativos es de 58,75 % en el tratamiento 1 y 61,49 % en el tratamiento 2. La Rb/c es de 1,59 para el tratamiento testigo, y 1,61 para el tratamiento con fertilización; esto quiere decir, que para el tratamiento testigo por cada dólar invertido recuperaremos \$0,59 centavos de dólar y para el tratamiento con fertilización por cada dólar invertido recuperaremos \$0,61 centavos de dólar.

## 7. Discusión

### 7.1. Parámetros físico-químicos del agua

Los parámetros de calidad del agua de los dos grupos experimentales se mantuvieron en los rangos referencia, aceptables para una óptima producción de tilapia. La temperatura del agua durante todas estas seis quincenas, se mantuvo en un rango promedio de 25 °C, existiendo una ligera variación en horas de la mañana y la tarde. Por otro lado, el oxígeno disuelto tiene un promedio de 8,2 mg/L, estos parámetros presentaron datos similares en los dos estanques.

Las características fisicoquímicas del agua están dentro de los rangos aceptados, lo que coincide con la investigación de Hernández (2016), realizada en la piscícola Asojuncal, (Huila). En su estudio se reportaron los siguientes resultados: temperatura de 27,5 °C en la mañana, 34 °C al medio día y 25 °C por la tarde, y con un oxígeno disuelto promedio de 5,25 mg/L. Además, podemos apoyarnos con la investigación de Ramos (2012) que evaluó el comportamiento productivo de las líneas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), híbrida de Spring (*O niloticus x O mossambicus*) y Pargo-UNAM de 25% híbrido Rocky Mountain (*Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus*), 25% color rosa *O. niloticus* y 50% híbrido rojo Florida Red Tilapia (*O urolepis hornorum x O mossambicus*). Esta investigación reportó valores promedio de temperatura de  $28,1 \pm 0,4$  °C, pH de 7,8 y oxígeno disuelto de  $4,7 \pm 0,14$  mg/L.

El pH del estanque testigo tuvo un promedio de 7,50, y en el estanque fertilizado 7,31, mostrando una ligera disminución del pH tras la aplicación del fertilizante. Los resultados obtenidos por Kumar et al (2019), en el análisis de los efectos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la calidad del agua y el crecimiento de peces en la acuicultura, confirma que la suplementación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en estanques piscícolas, reduce el pH del agua, en vista que se producen ácidos orgánicos al momento de su descomposición. Por otro lado, los hallazgos de Páez et al (1998) revelan que la fertilización con urea en piscinas de camarón tiene un efecto directo en el pH del agua, convirtiéndola en un agua más acida debido a la gran producción de ácidos orgánicos, estos ácidos liberan protones (H<sup>+</sup>), además, el proceso puede verse afectado por una alta actividad bacteriana, promoviendo así la producción de estos ácidos.

En condiciones de turbidez, el estanque con fertilizante presentó un promedio de 31,66 cm, mientras, que el estanque testigo resultó con un promedio de 33,33 cm. El cambio de la turbidez del agua se atribuye a la cantidad de sólidos suspendidos y los procesos biológicos del agua. La

fertilización del estanque, puede aumentar la turbidez debido al crecimiento adicional del fitoplancton y la presencia de partículas orgánicas. Un estudio sugerido por Boyd & Tucker (1998), confirman que la fertilización de estanques propiciaría un incremento de la turbidez al aumentar el crecimiento de biomasa acuática.

## **7.2. Peso promedio**

El peso promedio de los peces en el estanque con fertilización fue de 25,80 g, y 22,07 g en el estanque testigo. Además, se mostraron diferencias significativas de pesos en la quinta y sexta quincena. Comparando con los resultados de Morocho (2015), en una investigación realizada durante tres meses en la parroquia Guayzimi, cantón Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe, donde se evaluaron tres niveles de GANABOL, se evidenció que el tratamiento T3 con 2 ml de Guanabol, tuvo un mayor peso promedio con 39,49 g, en comparación con el tratamiento T4 (Testigo), con 30,44 g, esta investigación utilizó alevines de 5 gramos como material de estudio.

De igual manera, al comparar con la investigación de Toscano (2011), confirmó que el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos tiene un impacto significativo en los parámetros productivos de la tilapia. Sus resultados proporcionan información detallada sobre los diferentes tipos de fertilizantes, respaldando los hallazgos de este estudio al mostrar que la fertilización incrementa el peso de la tilapia. En su investigación, evaluó tres tratamientos: T1 (gallinaza), T2 (fitobloom) y T3 (sin fertilizante). Los resultados indicaron que el tratamiento T2 obtuvo mayores pesos en las quincenas. Este fertilizante está compuesto por nitrato de amonio, fosforo, metasilicatos, minerales y excipientes, elementos que aportan nutrientes esenciales a la tilapia.

## **7.3. Incremento de peso**

El incremento de peso total en el estanque testigo fue de 63,87 g, mientras que en el estanque fertilizado llegó a 69,71 g, siendo el mejor de los grupos experimentales. Los incrementos más significativos se dieron en la cuarta, quinta y sexta quincena.

De acuerdo, a la investigación de Mora (2016), en su trabajo denominado aprovechamiento de humedales para la producción de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) y Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en el barrio La Hamaca perteneciente al Cantón Paltas. El mismo obtuvo un peso final de 44,82 g en la Tilapia Roja y 65,76 g en la Tilapia Nilótica, estos datos

se relacionan al peso normal de la tilapia nilótica en sus tres meses de vida. Por su parte, Toscano (2011) identificó que el mejor tratamiento en la ganancia de peso total fue el T2 (fitobloom), con un peso final de 254,34 g, seguido del T3 (testigo) con un peso de 225,51 g, en un periodo de 120 días. La siembra se realizó con alevines de 10,18 g en el T2 y 10,05 g en el T3.

En otro estudio, Carpio et al (2005), en la comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre-engorde de tilapia. Los resultados revelaron que no hubo diferencias significativas en la ganancia diaria de peso entre los dos tratamientos, puesto que se obtuvieron pesos finales de 17,21 g en el estanque con urea y 17,05 g en el estanque con nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ).

#### **7.4. Consumo de alimento**

Durante todo el proceso de alimentación de la tilapia, se observó un mayor consumo de alimento en el estanque fertilizado, con 309,41 kg, mientras, que en el estanque testigo se registró un consumo de 281,48 kg de balanceado, obteniendo un consumo total de 590,87 Kg. Estos resultados están relacionados con la investigación de Morocho (2015), el cual reportó que el mayor consumo de alimento individual se registró en el tratamiento T3 (GUANABOL), con 117,50 g; seguido del último tratamiento T4 (testigo), con 99,85 g, esto nos indica que la administración del GUANABOL condujo a una mayor ingesta de alimento. Además, al comparar con los datos de Mora (2016), la Tilapia Roja consumió 116,42 Kg y la Tilapia Negra 131,73 Kg, teniendo el mayor consumo de alimento. Según estos datos se puede deducir que un mayor crecimiento de la tilapia está directamente relacionado con una mayor ingesta de alimento, lo que indica que tanto la fertilización como el uso de los aditivos pueden ser eficaces para un mayor consumo de alimento. Por otro lado, se puede atribuir a las condiciones ambientales del estanque y el tipo de tilapia cultivada. Esto sugiere que un entorno enriquecido mediante la fertilización proporciona un ecosistema más favorable para el crecimiento de la tilapia y a su vez un mayor consumo de alimento.

#### **7.5. Conversión alimenticia**

El grado de conversión alimenticia en el estanque testigo es de 6,42 g. Es decir que este grupo de peces ha consumido 6,42 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo, mientras, que en el estanque con fertilización ha consumido 5,52 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo. Mora (2016), confirma que alcanzó un mayor grado de conversión en la tilapia

negra, con 1,95 g. Es decir, que este grupo de peces ha consumido 1,95 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo, mientras que la tilapia roja ha consumido 2,61 g de balanceado para producir un gramo de peso vivo.

Estos hallazgos concuerdan con los datos de Lopez & Lora (2015), quienes evaluaron un policultivo en tres densidades de siembra de *Colossoma macropomum* “gamitana” y *Oreochromis spp.* (*O. niloticus var. Stirling x O. aureus*) “tilapia híbrida” en un sistema intensivo. En su estudio, los factores de conversión alimenticia fueron bajos, alcanzando 0,95 g en densidades de 5,5 peces/ m<sup>2</sup>, 1,23 g en densidades de 6 peces/ m<sup>2</sup> y 1,11 g en densidades de 6,5 peces/ m<sup>2</sup>. Como se aprecia el mejor factor de conversión correspondió a la densidad total de 5,5 peces/m<sup>2</sup>.

Los resultados indican que la fertilización y un manejo adecuado de la densidad de siembra, mejoran notablemente la conversión alimenticia en el cultivo de tilapia, optimizando el uso del alimento balanceado y favoreciendo un crecimiento más eficiente.

## **7.6. Mortalidad**

Durante todo el periodo de la investigación, se registró una mortalidad de 14 peces en el estanque testigo, equivalente al 0.41 %, y de 42 peces en el estanque fertilizado, lo que representa al 1.24 %. La mortalidad se registró el primer día de siembra de los alevines.

Estos resultados pueden compararse con los datos Mora (2016), quien reporto una mortalidad total del 8.1 % en la tilapia roja y 2.7 % en la tilapia negra. Asimismo podemos mencionar a Castro et al (2014), quien obtuvo una mortalidad de 3.3 % a causa de los niveles altos de CaCO<sub>3</sub> en el estanque provocando un estrés al animal.

La producción puede tener éxito evitando una mortalidad mayor al 1 %, el piscicultor debe obtener bajas tasas de mortalidad por medio de una buena gestión de la calidad del agua y del alimento.

## **7.7. Rentabilidad**

Durante el trabajo de campo, se obtuvo un ingreso total de \$1983,66, considerando cada tratamiento, se observó un mayor ingreso en el estanque fertilizado, con \$1035,19, en comparación con el estanque testigo que registró un ingreso total de \$948,47. En el tema de rentabilidad para una nueva inversión, se determinó que el estanque testigo tuvo un 58,75 %,



mientras, el estanque fertilizado alcanzó un 61,49 %, siendo el tratamiento más rentable de la investigación, con una Rb/c de 1,61 y una Rb/c de 1,59 para el tratamiento testigo; esto quiere decir, que para el tratamiento testigo, por cada dólar invertido recuperaremos \$0,59 y para el tratamiento con fertilización, por cada dólar invertido recuperaremos \$0,61 centavos de dólar.

La rentabilidad de este proyecto comparada con la investigación de Mora (2016), reportó un ingreso de \$361,63 para la Tilapia Negra y un ingreso de \$246,51 para la Tilapia Roja, con una Rb/c de 0,82 para la Tilapia Negra y de 1,15 para la Tilapia Roja. La Rb/c solo con gastos operativos es de 1,04 para la Tilapia Roja y 1,45 para la Tilapia Negra; es decir, que por cada dólar invertido recuperaremos \$0,4 para la Tilapia roja y \$0,45 para la Tilapia Negra. Por otro lado, Ramírez (2014), al evaluar económicamente los sistemas de producción de mojarra tilapia en Carmen, Campeche, México, encontró una Rb/c de 1,33 en jaulas flotantes y 1,21 en tinas de geomembrana. Esto sugiere que por cada peso invertido por las jaulas flotantes se recupera el capital y se obtiene una ganancia de 33 centavos.

## 8. Conclusiones

- La aplicación de urea en un sistema de crianza semi-intensivo influye considerablemente en la calidad del agua, mostrando una disminución del pH debido a la generación de ácidos orgánicos durante su descomposición. Por otra parte, los sólidos disueltos en el agua aumentaron en el estanque fertilizado, provocando aumento del fitobloom, así mismo una mayor turbidez a causa del incremento de partículas en el agua principalmente fitoplancton. Estos resultados confirman el efecto de la urea sobre los parámetros fisicoquímicos del agua.
- La aplicación de urea favorece la optimización de los parámetros productivos en la tilapia negra, logrando una mayor ganancia de peso promedio de 25,80 g frente a 22,07 g en el estanque testigo, alcanzando un peso final de 69,71 g en el estanque fertilizado, en comparación a 63,87 g en el estanque testigo.
- La cantidad de alimento consumido en todo el proceso fue de 309,41 kg en el estanque fertilizado, mientras, que en el estanque testigo el consumo fue menor, con 281,48 kg. Asimismo, se obtuvo una conversión alimenticia más eficiente de 5,52 g en el estanque fertilizado frente a 6,42 g en el estanque testigo. Sin embargo, la mortalidad fue mayor en el estanque enriquecido con urea con el 1,24 % frente a 0,41% en el estanque testigo.
- En términos de rentabilidad, el estanque fertilizado alcanzó un 61,49 % y un 58,75 % en el estanque testigo, con una Rb/c de 1,61 y 1,59 respectivamente; esto quiere decir, que para el tratamiento con fertilización, por cada dólar invertido recuperaremos \$0,61 centavos de dólar, y para el tratamiento control, por cada dólar invertido recuperaremos \$0,59 centavos de dólar.

## **9. Recomendaciones**

- Las dosis de urea disolver adecuadamente para homogenizar la distribución de la misma en todo el estanque y de esta forma garantizar la presencia adecuada de partículas mejorando el equilibrio y calidad del agua.
- Tomar en cuenta la calidad del alevín al momento de la siembra, su homogeneidad en tamaño, peso y porcentaje de reversión, garantizará datos exactos y fidedignos.
- Realizar mediciones constantes de los parámetros físico-químicos del agua como temperatura, oxígeno disuelto, pH y concentración de sólidos totales que influyen negativamente sobre los parámetros productivos de los peces.
- Emplear estrategias de alimentación basadas en el crecimiento y ajuste periódico de la biomasa del estanque.
- Tomar en cuenta todas las normas de bioseguridad y manejo del alevín durante la siembra, considerando los 15 a 30 minutos de aclimatación en el estanque.

## 10. Bibliografía

1. Ali, M., Hossain, S. M & Islam, M. N. (2021). Impact of Fertilization on Water Quality and Fish Production in Aquaculture Ponds. *Aquaculture Research*, 52(3), 1453-1462.
2. Amaya Prado, A., Arrieta Gutiérrez, C. D., & Martínez Garrido, I. J. (2017). Efecto de dos tipos de fertilizantes (orgánico e inorgánico) como promotores de la productividad primaria fitoplanctónica en estanques de cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) (Doctoral dissertation).
3. Arévalo, J. (2023). Fertilización de estanques piscícolas. Especialista en piscicultura amazónica. Es.linkedin.com.
4. Arévalo, T. J & Marín, A. G. (2011). Comparación del rendimiento del cultivo de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando machos reversados versus machos genéticamente mejorados (supermachos) criados en sistema intensivo.
5. Arita, D. (2022). Manual de principales enfermedades en el cultivo de tilapia.
6. Baltazar, P., & Palomino, A. (2004). *Manual de cultivo de tilapia*. Lima: Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero–FONDEPES, Agencia Española de Cooperación Internacional–AECI, Proyecto de Apoyo al Desarrollo del Sector Pesca y Acuícola del Perú–PADESPA. 115p.
7. Barba, C. (2015). Aireación de las piscinas de cultivo de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) y su influencia en la productividad. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de ingeniería química y agroindustria.
8. Bocek, A., Gálvez, J. I., & Gray, S. (2023). Fertilizantes químicos para estanques piscícolas. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments.
9. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers.
10. Carpio, B. J., & Morán, R. N. (2005). Comparación de nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ) y urea en la fertilización de estanques con pre-engorde de tilapia (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2016).

11. Castro, J. A., Pérez, L. M., & Ramírez, P. R. (2014). Impacto de los niveles de CaCO<sub>3</sub> en la mortalidad de peces en estanques de acuicultura. *Revista de Acuicultura y Medio Ambiente*, 12(3), 45-52.
12. Cazar, D. (2022). La tilapia: una especie invasora que se extiende en Ecuador sin controles del Estado. *Multiplifica ediciones*. [revistagestion.ec](http://revistagestion.ec).
13. Claude, E., (2016). Inorganic fertilization of production ponds - Responsible Seafood Advocate. Global Seafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/inorganic-fertilization-of-production-ponds/>
14. Cuellar, A. (2021). Necesidades nutricionales de la tilapia reproductora: ¿Qué consideramos?. *Veterinaria digital - Avicultura, porcicultura, rumiantes y acuicultura*.
15. Chipepe, M. F. A. L., Vento-Tielves, R., Atkinson, J., Chipepe, M. F. A. L., Vento-Tielves, R., & Atkinson, J. (2021). Evaluation of the Main Physical and Chemical Water Quality Parameters for Tilapia Production. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(4).
16. Díaz, A. M. (2018). Evaluación de parámetros fisicoquímicos del agua y del estado de las aletas en el pez cucha real *Panaque nigrolineatus*, durante el acopio en bodega de exportación de Bogotá.
17. El Productor. (2017). Etapas del cultivo de tilapia en estanques rústicos. “El Productor.com”. <https://elproductor.com/2017/08/etapas-del-cultivo-de-tilapia-en-estanques-rusticos/>
18. El universo. (2018). El consumo de la tilapia, más económica que la carne, crece en Ecuador. [eluniverso.com](http://eluniverso.com).
19. ESPEJO GONZÁLEZ, C.; TORRES QUEVEDO, E. 2001. Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis sp.*) y plateada (*Oreochromis niloticus*). *Fundamentos de Acuicultura Continental, Serie de fundamentos No1, 2ª Ed.*, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de la Republica de Colombia, P. 283-298.
20. FAO. (s.f-a). Requerimientos nutricionales de la tilapia nilótica.
21. FAO. (s.f-b). Fertilización de los estanques piscícolas.

22. FAO. (s.f-c). Tilapia del Nilo - Fertilizantes y fertilización. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
23. Ganoza Chozo, F., Prieto Dueñas, C., Álvarez Veliz, J., Dibucho Álvarez, O., & Gonzales Molina, L. (2021). Guía para obtención de alevines de tilapia en ambiente controlado (*Oreochromis niloticus* tilapia gris y *Oreochromis sp.* tilapia roja).
24. Hernández-Barraza, C. A., Trejo-Martínez, A. B., Loredó-Ost, J., & Gutiérrez-Salazar, G. (2016). Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS). *Latin american journal of aquatic research*, 44(4), 869-874.
25. Hurtado, N. (2005). Tilapia, La alternativa social y económica del tercer milenio. *Revista Aquatic*. Lima-Perú. 127pp.
26. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (s.f.). Norma técnica ecuatoriana para la producción acuícola de tilapia (NTE INEN 2332). INEN.
27. Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez-Romero, O., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
28. Kumar, V., Roy, S., & Kumar, M. (2019). Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Water Quality and Growth of Fish in Aquaculture. *Journal of Environmental Management*, 232, 591-600.
29. Lopez S. & Lora M. (2015). Policultivo en tres densidades de siembra de *Colossoma macropomum* “gamitana” y *Oreochromis spp.* *O. niloticus* var Stirling x *O. aureus*) “tilapia híbrida” en un sistema intensivo. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Facultad de Ciencias Biológicas Departamento Académico de Pesquería y Zoología
30. Marcillo, F. (1995). Fertilización y encalado en piscinas camaroneras.
31. Martínez, M. A. S. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Managua. Nicaragua, Corea-Madrid, A. S., Gutiérrez-Salguero, J. E., Rodríguez-Urrutia, E. A., & Flores-Tensos, J. M. (2022). Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis*

- niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador. Revista Agrociencia, 5(21), 16-23.
32. Mocha, P. R. E. (2009). Principales Problemas Sanitarios de Peces de Aguas Cálidas de Colombia: Aproximación a la Situación Sanitaria de la Piscicultura Comercial. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola, 4(4).
33. Mora, W. (2016). Producción de tilapia roja (*Oreochromis spp*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus.*) en humedales. Revista del Colegio de Médicos Veterinarios del Estado Lara, 10(19), 3.
34. Morocho, W. (2015) Evaluación de tres niveles de ganabol (baldenone undecilenate), en el engorde de tilapia roja (*oreochromis sp*), en la parroquia Guayzimi, cantón Nangaritza, provincia de Zamora Chinchipe. UNL. Carrera de ingeniería en administración y producción agropecuaria
35. Obregón, D. A. A. (2006). Limnología aplicada a la acuicultura. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 7(11), 1-24.
36. Ono, E. A., & Kubitzka, F. (2003). Construcción de estanques y de estructuras hidráulicas para el cultivo de peces. Parte 4. Panorama da Aqüicultura, 13(75), 1-10.
37. Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S. R., & Ruiz-Fernández, A. C. (1998). The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. Marine Pollution Bulletin, 36(1), 65-75.
38. Peña Suárez, A. D. (2011). Creación y puesta en marcha de una granja piscícola productora de tilapia roja en el departamento del Atlántico. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería Industrial Bogotá.
39. Ram C Bhujel, PhD. (2002). Manejo alimentario para tilapia. Bioeconomía. Magyp.gob.ar. Panorama acuícola. Vol 7 n° 4.
40. Ramírez, A. (2014). Análisis comparativo de dos sistemas de producción de mojarra tilapia en el municipio del Carmen, Campeche, México. Revista Mexicana de Acuicultura, 8(2), 123-135.

41. Ramírez, J, Castillo, K, Álvarez, A. (2020). Enfermedades más comunes en el cultivo de tilapia. Revista Agroregion. Agroregion.com.
42. Ramos, Y. (2012). Evaluación de la producción y rentabilidad del cultivo de tilapia roja en tres pisos altitudinales del distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, Piura-Perú. Universidad Nacional de Loja.
43. Ríos, R. (2012). Cartilla Práctica para el Cultivo de Tilapia (*Oreochromis* sp.). AquaDocs
44. Sailema, O. D. (2023). Evaluación de diferentes protocolos de desinfección durante la siembra de alevines para disminuir la mortalidad (Bachelor's thesis, Guaranda. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia).
45. Torres-Novoa, D. M., & Hurtado-Nery, V. L. (2012). Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia, 16(1), 63-68.
46. Toscano, A. (2011). Evaluación de diferentes tipos de fertilización de estanques para crianza de tilapia. Riobamba Ecuador
47. Treminio Rivas, L. J., & Thompson García, R. A. (2000). Evaluación del comportamiento productivo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) utilizando cuatro tipos de fertilizantes orgánicos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).
48. Will Quenta. (2013). Folleto informativo oxígeno disuelto (OD). Folleto informativo 3.1.1.0
49. Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto,(ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. Pensamiento Actual, 9(12), 125-134.



## 11. Anexos

Universidad Nacional de Loja

Carrera de Medicina Veterinaria

“Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra  
(*Oreochromis niloticus*)”

**Anexo 1. Tabla de concentración de oxígeno disuelto en función de la temperatura solo para agua dulce.**

temperatura (°C)	OD (mg/l)	temperatura (°C)	OD (mg/l)
0	14.6	16	9.9
1	14.2	17	9.7
2	13.8	18	9.6
3	13.5	19	9.3
4	13.1	20	9.1
5	12.8	21	8.9
6	12.5	22	8.7
7	12.1	23	8.6
8	11.8	24	8.4
9	11.6	25	8.3
10	11.3	26	8.1
11	11.0	27	8.0
12	10.8	28	7.8
13	10.5	29	7.7
14	10.3	30	7.6
15	10.1	31	7.5

Fuente: Will Quenta (2013).

## Anexo 2. Tabla de alimentación pro-tilapia.

Tipo de alimento	Proteína %	Peso corporal tilapia (g)	Tamaño partícula (mm±0,5)	Rango (días)	Tasa alimenticia (% Biomasa)	Dosis recomendada (día)
Tilapia Tuvenil 1	35	5 a 10	2,2	1 a 50	8	6 6
Tilapia Juvenil 2	32	11 a 60	2,2	51 a 100	6 6	6
Tilapia Engorde 1	32	61 a 150	2,8	101 a 140	4	4
Tilapia Engorde 2	30	151 a 250	3,5	141 a 180	1,5	3 a 4
Tilapia Engorde 3	28	251 a 350	6	181 a 220	1,5	3
Tilapia Engorde 4 A	24	351 a 550	6	221 a 275	1,5	3
Tilapia Engorde 4 B	24	550	9,5	>275	1,5	3
Tilapia Reproductor	40	150 a 100	2,8/3,75 y 6	>100	4	3

Fuente: López B & Cruz L (2011)

**Anexo 3. Análisis de varianza del peso promedio quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa *Infostat*.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PP	12	0,99	0,99	10,60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6339,80	6	1056,63	164,12	<0,0001
Tratam.	41,66	1	41,66	6,47	0,0516
Repeticiones	6298,13	5	1259,63	195,65	<0,0001
Error	32,19	5	6,44		
Total	6371,99	11			

**Medias ajustadas, error estándar y número de observaciones**

Error: 6,4381 gl: 5

Tratam.	Medias	n	E.E.
2	25,80	6	1,04
1	22,07	6	1,04

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=10,82407**

Error: 6,4381 gl: 5

Repeticiones	Medias	n	E.E.	
6	66,92	2	1,79	A
5	37,19	2	1,79	B
4	24,30	2	1,79	C
3	10,90	2	1,79	D
2	3,95	2	1,79	D
1	0,36	2	1,79	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 4. Análisis de varianza del incremento de peso quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa *Infostat*.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
IP	12	0,98	0,96	18,31

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1112,27	6	185,38	44,64	0,0003
Tratam.	2,85	1	2,85	0,69	0,4450
Repeticiones	1109,42	5	221,88	53,43	0,0002
Error	20,76	5	4,15		
Total	1133,03	11			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,02446**

Error: 4,1529 gl: 5

Tratam. Medias n E.E.

2 11,62 6 0,83 A

1 10,65 6 0,83 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 5. Análisis de varianza del consumo de alimento quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa *Infostat*.**

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CA	14	0,99	0,98	13,39

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24984,93	7	3569,28	110,97	<0,0001
Tratam.	55,68	1	55,68	1,73	0,2363
Repeticiones	24929,25	6	4154,88	129,18	<0,0001
Error	192,98	6	32,16		
Total	25177,91	13			

**Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,41766**

Error: 32,1636 gl: 6

Tratam.	Medias	n	E.E.
2	44,34	7	2,14 A
1	40,35	7	2,14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## **Anexo 6. Análisis de varianza de la conversión alimenticia quincenal, mediante el método de comparación de medias, considerando cada quincena como bloque por medio del programa *Infostat*.**

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
CA	12	0,94	0,87	24,21

### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	167,23	6	27,87	13,35	0,0061
Tratam.	2,43	1	2,43	1,16	0,3300
Repeticiones	164,80	5	32,96	15,78	0,0044
Error	10,44	5	2,09		
Total	177,67	11			

### **Medias ajustadas, error estándar y número de observaciones**

Error: 2,0883 gl: 5

Tratam.	Medias	n	E.E.
1	6,42	6	0,59
2	5,52	6	0,59

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo 7. Fotografías del proceso experimental.**



*Figura 9. Desinfección de estanques.*



*Figura 10. Toma de parámetros físico-químicos del agua.*



*Figura 11. Siembra de alevines.*



*Figura 12. Dosificación de la urea.*





**Figura 13.** *Aplicación de la urea en bosas de nylon.*



**Figura 14.** *Control de la turbidez de los estanques.*





*Figura 15. Pesaje quincenal de la tilapia.*



*Figura 16. Evaluación visual del estanque fertilizado.*



*Figura 17. Evaluación visual del estanque testigo.*

## Anexo 8. Certificación de traducción del resumen.

Mgs. Mónica Jimbo Galarza

### **C E R T I F I C O:**

Haber realizado la traducción de Español – Inglés del resumen del Trabajo de Integración curricular previo a la obtención del Título de Médico Veterinario, titulado “Efecto de la fertilización con urea en un sistema de crianza semi-intensivo de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*)” de autoría de Jovinson Francisco Jima Jima CI: 1950100485.

Se autoriza a la interesada hacer uso de la misma para los trámites que crea conveniente.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Emitida en Loja, a los 22 días del mes de enero 2025.



Mgs. Mónica Jimbo Galarza

**MAGÍSTER EN ENSEÑANZA DE INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA**

**REGISTRO EN LA SENEYCT N° 1021-2018-1999861**