



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA Y pH DEL AGUA DE LOS ESTANQUES PARA
MEJORAR EL CRECIMIENTO DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*)
EN LA HACIENDA “EL GRAN MANANTIAL” PARROQUIA PACTO
AL NOROCCIDENTE DE QUITO

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial y de Alimentos

Profesora Guía
Msc. Ligia Estefanía Arizaga Collantes

Autor
James Travis Calderón Espín

Año
2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de Titulación”

Ligia Estefanía Arizaga Collantes
Médico Veterinario Zootecnista
C.I. 1714648407

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

James Travis Calderón Espín
C.I. 172271022-3

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis agradezco a Dios por permitirme haber llegado hasta este punto de mi vida, logrando alcanzar un peldaño más hacia la cumbre de mi éxito.

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a mi madre por ser quien con tanto esfuerzo me ha dado la educación, la disciplina y constancia para llegar a los objetivos propuestos.

A mis hermanos por ser un apoyo directo y brindarme todo su respaldo.

RESUMEN

El principal objetivo de este estudio fue evaluar tanto el comportamiento productivo como la mortalidad de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp*) frente a la implementación de técnicas y tecnología para controlar los factores de pH y temperatura en la etapa de preengorde, sistema intensivo. La investigación se realizó en la hacienda “El Gran Manantial” ubicada en la parroquia de Pacto al noroccidente del cantón Quito. El desarrollo de la investigación, se tomó un diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial de dos factores siendo estos pH y temperatura. Con tres niveles de pH (6,9; 7,8; 8,5) y dos niveles de temperatura (24°C, 26°C), se analizó correlación de factores y niveles. Para manejar los niveles de pH, se utilizó carbonato de calcio ($CaCO_3$) y se controló la temperatura mediante la aplicación de termocalentadores. Se realizaron tres repeticiones, con un total de 18 estanques cada uno representa la unidad experimental y en cada estanque se colocaron 1 000 tilapias alevín en un sistema intensivo. Para obtener resultados, se realizaron 7 mediciones, una medición de tamaño y peso al iniciar la investigación y se evaluó cada 5 días los mismos parámetros junto con la mortalidad. El tiempo que duro la investigación en campo fue de 30 días. En cuanto a las variables a evaluar fueron: ganancia de tamaño largo (cm), ganancia de peso (g) y porcentaje de mortalidad (%). Según el análisis económico el tratamiento 3 es el mejor resultado costo-beneficio según la metodología de Perrin, este tratamiento refleja un incremento en productividad a bajos costos de inversión. Mediante las diferencias estadísticas significativas se obtuvo que el tratamiento 5 generó mejor resultado en variables a evaluar puesto que se llegó al tamaño y peso deseado dentro del tiempo adecuado con el menor porcentaje de mortalidad, solucionando así la problemática en la explotación.

Se recomienda aplicar el tratamiento 3 para mejorar la productividad en sistemas extensivos y semi-intensivos por la fácil combinación de este con las prácticas regulares del productor. El tratamiento 5 llega a ser la mejor opción en sistemas intensivos donde se maneja mayores densidades de siembra y se intenta reducir el tiempo de producción total

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate both the productive behavior as the mortality of alevin red tilapia (*Oreochromis spp.*) compared to the implementation of techniques and technology to control the factors of pH and temperature on the stage of "pre-engorde", intensive system. The research was conducted at the hacienda "El Gran Manantial" located in the parish of Covenant to the northwest of Quito Canton. The development of research, he took a randomized complete block design with a factorial arrangement of two factors being these pH and temperature. With three levels of pH (6.9 ; 7.8 ; 8.5) and two levels of temperature (24 °C, 26 °C), was analyzed correlation of factors and levels. To manage the pH levels, used calcium carbonate ($CaCO_3$) and the temperature was controlled by the application of heaters. There were three replicates, with a total of 18 ponds each one represents the experimental unit and in each pond were placed 1 000 alevin tilapia in an intensive system. To obtain results, there were 7 measurements, a measurement of size and weight at the beginning of the investigation was assessed every 5 days the same parameters along with mortality. The duration of the field research was 30 days. In terms of the variables to evaluate were: gain long size (cm), weight gain (g) and percent mortality (%). According to the economic analysis treatment 3 is the best result cost-benefit according to the methodology of Perrin, this treatment reflects an increase in productivity to low investment costs. Using the significant statistical differences were obtained that treatment 5 gender better result in variables to evaluate since it came to the size and desired weight within the appropriate time with the lowest percentage of mortality, there by curing the problem on the farm. It is recommended that you apply the treatment 3 to improve productivity in extensive systems and semi-intensive by the easy combination of this with the regular practice of the producer. Treatment 5 arrives to be the best option in intensive systems where handles higher planting densities and attempt to reduce the total production time.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I. Marco teórico	4
1.1. Características de la especie.....	4
1.2. Biología de la especie <i>Oreochromis</i>	7
1.2.1. Taxonomía.....	7
1.2.2. Morfología.....	8
1.3. Etapas de vida de la tilapia.....	10
1.4. Factores que afectan los peces en el cultivo	13
1.4.1. Mortalidad.....	13
1.4.2. Morbilidad	15
1.5. Sistemas acuícolas de producción	18
1.5.1. Sistema artesanal	19
1.5.2. Sistema extensivo.....	19
1.5.3. Sistema semi-intensivo	19
1.5.4. Sistema intensivo.....	20
1.6. Sistema de producción semi-intensivo e intensivo de tilapia	20
1.6.1. Pre-engorde – Sistema intensivo.....	20
1.6.2. Engorde I – Sistema semi-intensivo	21
1.6.3. Engorde II – Sistema semi-intensivo	21
1.7. Requerimientos ambientales para el crecimiento de la tilapia	21
1.7.1. Temperatura	21
1.7.1.1. Metodología de manejo de Temperatura	23
1.7.2. Oxígeno	25
1.7.3. Potencial de Hidrógeno (pH)	29
1.7.3.1. Metodología de manejo de pH	31
1.7.4. Dureza	36
1.7.5. Amonio (NH ₃).....	37

1.7.6. Turbidez.....	40
1.8. Factores bióticos para el crecimiento de la tilapia	42
1.8.1. Alimentación	42
1.8.1.1. Biomasa	43
2. Materiales y Métodos	45
2.1. Materiales.....	45
2.1.1. Insumos	45
2.1.2. Materiales y equipos.....	46
2.1.2.1. Instrumentos	47
2.1.2.2. Herramientas.....	47
2.2. Métodos	47
2.2.1. Diseño experimental	47
2.2.1.1. Análisis estadístico.....	48
2.2.1.2. Análisis funcional	48
2.2.2. Características de las unidades experimentales.....	51
2.2.3. Variables a medir	52
2.2.3.1. Tamaño	52
2.2.3.2. Peso	53
2.2.3.3. Mortalidad	53
2.2.4. Métodos específicos de manejo del experimento	53
2.2.4.1. Preparación del área de ensayo e implementación de técnicas.....	53
2.2.4.2. Recepción de peces.....	57
2.2.4.3. Alimentación en experimento	58
2.2.4.4. Manejo temperatura en experimento	59
2.2.4.5. Manejo de pH en experimento	61
2.2.4.6. Medición de parámetros ambientales (pH y temperatura)	62
2.2.4.7. Medición de las variables	62
2.2.4.8. Manejo General.....	63
3. Resultados y Discusión	65
3.1. Variable de Tamaño	65

3.2. Variable Peso	70
3.3. Variable Mortalidad	74
3.4. Análisis económico.....	80
3.5. Resumen de resultados.....	85
3.5.1. Resultados variables: Tamaño, Peso, Mortalidad.....	85
3.5.2. Resultados análisis económico.....	86
4. Conclusiones	87
5. Recomendaciones	89
REFERENCIAS	90
ANEXOS	94

Introducción

La explotación de tilapia se remonta a épocas bíblicas de 2000 años de antigüedad donde indican la existencia de estanques de esta especie en el continente Africano (Biblia, 19 v. 8).

En el año de 1999 la presencia del virus conocido como la “mancha blanca” y su afección a grandes explotaciones camaroneras principalmente en la zona de Taura, generó un interés en la tilapia y ocasionó un incremento considerable en su producción. Para el año 2004, en Ecuador existía 2 000 hectáreas de producción de tilapia (Bernal, 2004).

Para el año 2006 existían cerca de 5 000 hectáreas de producción de tilapia (Mariscal, 2006).

Las principales provincias productoras de tilapia en Ecuador son: El Oro, Pichincha, Santo Domingo, Pastaza, Sucumbios, Manabí, y Esmeraldas (Chong & Zambrano, 2012, p. 3).

En la actualidad, la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) es una de las especies acuícolas más apetecidas a nivel nacional e internacional. En la provincia de Pichincha, existe una predilección en el consumo de pescado de agua dulce, principalmente de tilapia y trucha, sobre pescados de agua salada. Las tendencias de consumo alimentario han cambiado radicalmente a partir en la última década, los consumidores han tomado conciencia paulatinamente de los beneficios de la alimentación saludable (Arellano & Guevara, 2012, pág. 5).

La mayoría de la producción de tilapia pertenece a un sistema extensivo, en el cual se refleja escasa tecnificación e infraestructura y una reducida participación del sistema semi-intensivo lo cual ocasiona pérdidas principalmente en la primera etapa de producción de tilapia que se denomina pre-engorde o alevinaje (Mora, Ayaguari, & Osorio, 2004).

Estos problemas que atraviesan la mayor parte de acuicultores afectan directamente la productividad final, se ha tomado en cuenta la posibilidad de

aplicar varias técnicas para controlar los factores de pH y temperatura que son los principales indicadores de mortalidad y productividad en esta etapa.

Se va a realizar el estudio y evaluación para mejorar la producción de alevines de tilapia roja en la hacienda “El Gran Manantial” ubicada en la parroquia pacto al noroccidente de Quito con una altitud: 550 msnm y temperatura promedio de 25 +/- 2.43 °C (Ministerio del ambiente, s.f.).

Hacienda “El Gran Manantial” es una explotación piscícola dedicada a la producción de especies acuícolas como cachama y tilapia como principal fuente de ingreso.

Los resultados de este estudio permitirán a los acuicultores en optar por técnicas para mejorar su productividad y disminuir al máximo pérdidas económicas. Además estos resultados serán una base para siguientes investigaciones enfocadas en la productividad de la etapa de engorde.

Se realizó la investigación tomando en cuenta los siguientes objetivos:

General

- Evaluar la temperatura y pH del agua de los estanques para mejorar el crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en Pacto, provincia de Pichincha.

Especificos

- Determinar los rangos óptimos de los factores de temperatura y pH del agua de los estanques para el crecimiento de los alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*).
- Medir la adaptabilidad de los animales a estos factores por medio de la cuantificación del grado de mortalidad en el alevinaje.
- Establecer soluciones a las desviaciones de los factores que permitan mantener las condiciones óptimas en la explotación.

Para la investigación se plantea la siguiente hipótesis:

Incluir técnicas y tecnología para manejar los factores de pH y temperatura se incidirá favorablemente en la productividad y reducirá la mortalidad.

Capítulo I. Marco teórico

1.1. Características de la especie

El nombre tilapia fue empleado por primera vez Smith en 1840, proviene de un vocablo africano que se refiere a “pez”. (Castillo, 2001, p. 3)

Estos peces han sido introducidos en casi todos los países de clima tropical con un excelente resultado por su alta adaptabilidad a varias condiciones ambientales y su facilidad de manejo. Sus técnicas varían tanto por la cultura como por la situación geográfica en donde se asienta cada explotación (Castillo, 2011).

En la Figura 1, se puede observar los principales países productores de Tilapia a nivel mundial los cuáles han variado en mínima cantidad su producción durante los últimos años. Actualmente el mapa de la tilapicultura se encuentra distribuido de la siguiente manera por volúmenes de producción: 69% Asia, 20% África y el 11% en América (Panorama Acuícola, 2014).

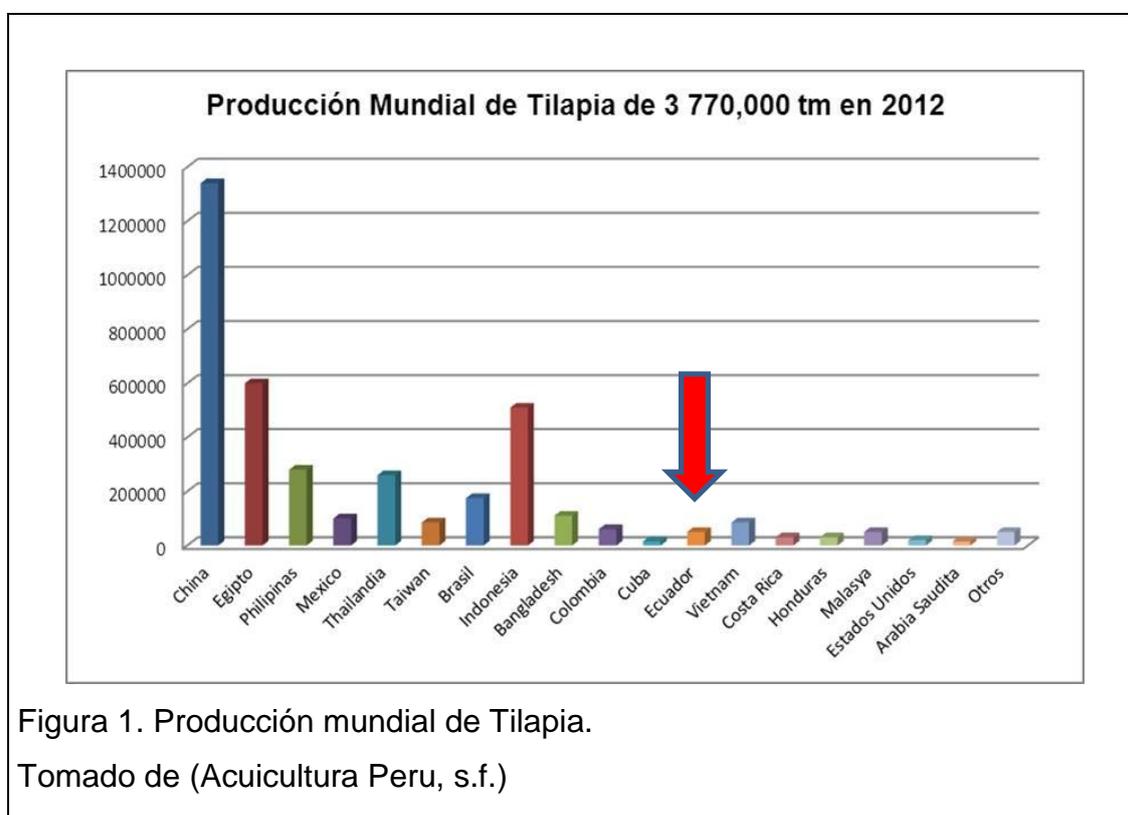


Figura 1. Producción mundial de Tilapia.

Tomado de (Acuicultura Peru, s.f.)

La producción mundial de tilapia en 2011 fue de 4 000 millones de toneladas métricas (TM) al año (FAO, 2012).

Según un estudio “China, Egipto, Indonesia y Brasil representan 3/4 de la producción total de tilapia en el mundo. Egipto y Brasil consumen internamente su propia producción (Panorama Acuícola, 2014).

La primera especie de tilapia que llegó a Ecuador fue la Tilapia mossambica (*Oreochromis mossambicus*) introducida desde Colombia el 19 de Octubre de 1965 en la zona de Santo Domingo, posteriormente fue extendida en el lago de Yahuarcocha situado en la provincia de Imbabura a 2 254 m.s.n.m. (Ovchynnyk, 1971, pp. 20-22).

En el año de 1974 productores particulares introdujeron la Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) desde Brasil.

Se atribuye las primeras introducciones de la Tilapia híbrida roja a varias instituciones entre ellas el Consejo Provincial de Pichincha, Rancho Ronald en la década de los 80. Esta variedad híbrida es la de principal cultivo comercial predominante hasta la actualidad por su característica vistosa agradable en comparación con la mayoría de especies ya sea marinos o de agua dulce, observable en la Figura 2. (Marcillo & Landivar, 2008, pp. 10-12)



Figura 2. Foto Tilapia híbrida roja (*Oreochromis spp.*)

Desde el 2010 Ecuador entre los países sudamericanos es uno de los principales productores de tilapia, junto con Brasil, México y Chile abastecieron el 80% de producción de Latinoamérica (Acuicultura Peru, s.f.).

El consumo de esta especie aumentó en un 226% para el 2008 ubicándose en el cuarto lugar de especies más apetecidas en Estados Unidos, quien es el principal importador de nuestra tilapia (Camara Nacional de Acuicultura).

La tilapia roja llegó a ser uno de los cultivos más acogidos por la mayoría de países productores acuícolas, tanto por sus características organolépticas (buen sabor y color más agradable) como las de adaptabilidad a factores climáticos (temperatura, pH, oxígeno disuelto y salinidad). (Erazo, 2012, p. 10).

La Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) apareció en Taiwán como resultado de una mutación albina de la Tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*) en 1968 (Castillo, 2011, pp. 17-20)

La atractiva coloración rojo-rosácea de esta especie motivó a investigadores y productores a desarrollar programas de hibridación para la producción de líneas de tilapia roja.

Existen variedades esta especie entre las más aceptadas y asentadas en Ecuador son:

- *Oreochromis mossambicus*.
- *Oreochromis niloticus*.
- *Oreochromis spp.*

La tilapia es un pez con altas cualidades organolépticas como son: carne blanca, textura firme, pocas espinas intramuscular, sabor altamente apetecido y por otra parte presenta un crecimiento acelerado de 6 meses hasta llegar a un peso comercial. Su fácil adaptación se evidencia en: capacidad de ser cultivada en aguas salobres, jaulas flotantes sobre ríos o lagos así como en estanques; soporta altas densidades, es decir un alto número de peces por metro cuadrado dependiendo el sistema de producción; resiste condiciones de temperaturas variadas; tolera bajas concentraciones de oxígeno; buena

capacidad de adaptarse a dietas alimenticias en base a balanceados comerciales y al tratarse de una especie omnívora, acepta muy bien frutas y residuos de cosechas. Adicionalmente puede ser manipulada genéticamente para producción de varias líneas (Wohlfarth & Rothbard, 1990, p. 6).

1.2. Biología de la especie *Oreochromis*

1.2.1. Taxonomía

Para mayor comprensión y diferenciación de otras especies, la tilapia es clasificada taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la tilapia

<i>Dominio:</i>	<i>Eucariota</i>
Reino	<i>Animalia</i>
Subreino:	<i>Bilateria</i>
Rama:	<i>Deuterostomia</i>
Phylum:	<i>Chordata</i>
Sub Phylum:	<i>Vertebrata</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden:	<i>Perciformes</i>
Suborden:	<i>Percoidei</i>
Familia:	<i>Cichlidae</i>
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis mossambicus</i>
	<i>Oreochromis niloticus</i>
	<i>Oreochromis aureus</i>
	<i>Oreochromis urolepis hornorum</i>
	<i>Oreochromis spp.</i>

Tomado de (Castillo, 2011, págs. 13-14)

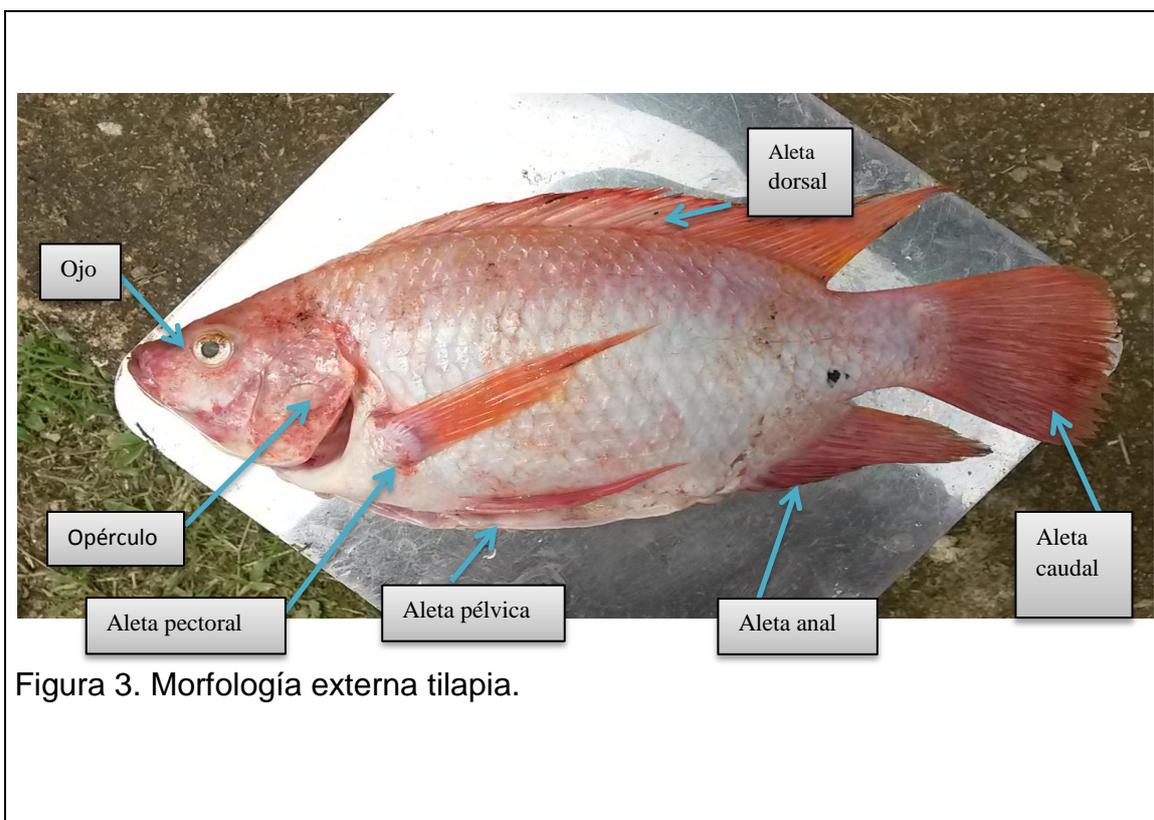
La tilapia pertenece a la familia *Cichlidae* la cual se caracteriza por ser omnívora y poseer mandíbulas faríngeas lo que permite capturar y procesar varios tipos de alimentos como algas microscópicas. Se puede observar en distintas especies incluyendo la híbrida o tilapia roja *Oreochromis spp.*

1.2.2. Morfología

Morfología externa

Las tilapias presentan dos orificios nasales en la cabeza que sirve únicamente para oler no para respirar, los cuerpos generalmente semi-alargados. Disponen una boca ancha, las mandíbulas presentan dientes cónicos los mismos le permiten triturar los alimentos de forma rápida. (Castillo, 2011, p. 15).

La morfología externa se puede ver en la Figura 3, en la cual se observan las aletas pectorales, dorsal, caudal y anal que les permite la locomoción en el agua (Castillo, 2011, p. 15).



Morfología interna

Su morfología está modificada para ofrecer una elevada adaptabilidad, el complejo mandibular es utilizado para colectar diferentes tipos de alimentos, también dispone brahui-espinas con las cuales pueden filtrar el agua para obtener alimento como plantas y animales microscópicos (Castillo, 2011, p. 16).

Posee dientes faríngeos para fragmentar los alimentos, pasa por dos tipos de esófagos el corto donde el alimento no sufre ningún cambio químico, y el largo donde se produce una regulación osmótica posteriormente llega el estómago (Castillo, 2011, p. 16).

Como se puede observar en la Figura 4, el intestino mide de 7 a 10 veces más que su cuerpo, posee un hígado en forma alargada y una vesícula biliar de coloración verdosa, la cual permite el desdoblamiento de los alimentos. Otra glándula importante es el páncreas y lucen como pequeña bolsa redonda, éste produce enzimas para el desdoblamiento de los alimentos (Castillo, 2011, p. 16).

El sistema circulatorio está regido por el corazón que se encuentra en la base de la "garganta". Poseen la llamada vejiga natatoria presentada como una bolsa de aire que sirve para flotar a su disposición. El riñón cumple una función de filtro para eliminación de amoniaco, úrea, ácido úrico y permite la osmoregulación que es la regulación del equilibrio de agua (Castillo, 2011, p. 16).

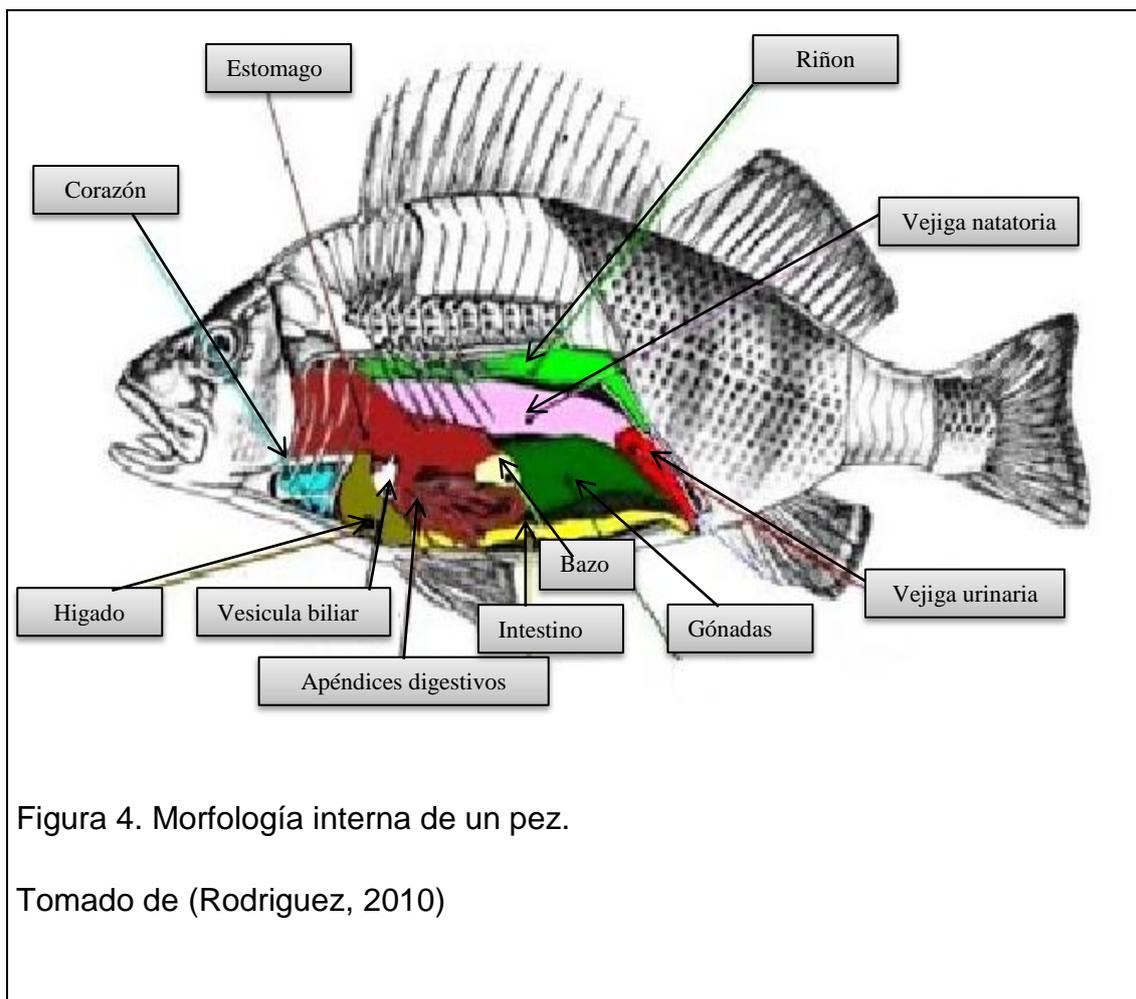


Figura 4. Morfología interna de un pez.

Tomado de (Rodriguez, 2010)

1.3. Etapas de vida de la tilapia

La producción por etapas de la tilapia se realiza con el fin de manejar adecuadamente los tamaños, pesos, formulación de balanceados y frecuencia de alimentación. Se puede clasificar en varias etapas dependiendo del sistema de producción que puede ser de 3 hasta 5 ciclos de producción con una duración aproximada de 2 meses por ciclo (GISIS, s.f.).

En la Tabla 2, se puede observar la clasificación de las tilapia por etapas mediante talla, peso y tiempo.

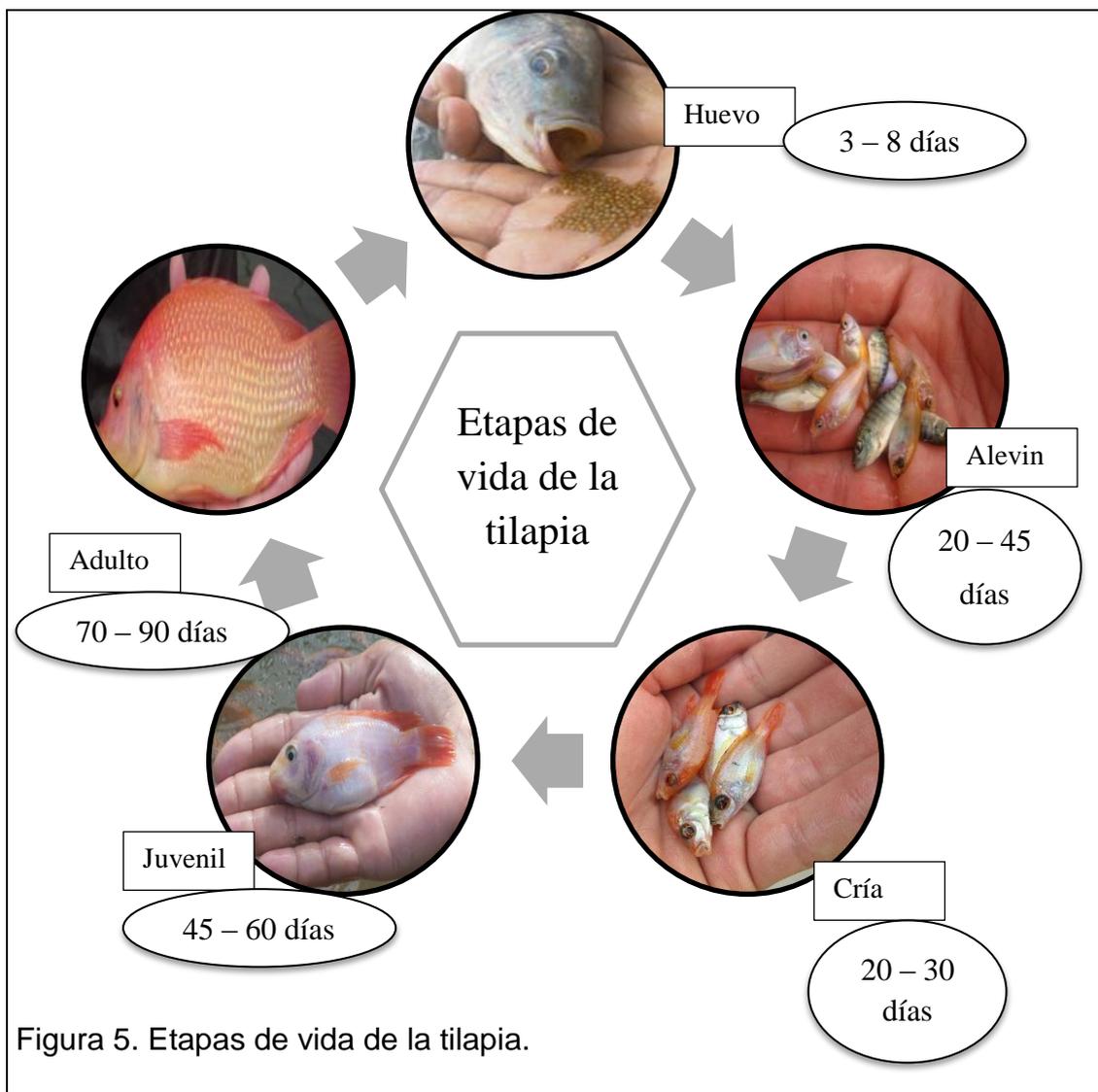
En relación a estos datos, existe controversia y diferencias entre autores. Por esto se elige los tiempos establecidos por la empresa productora de balanceados “Gisis”, los cuales se emplean en la explotación “Gran Manantial” donde se dirige la investigación.

Tabla 2. Etapa de vida de la Tilapia. Tallas y pesos estimados para cada Etapa de vida de la Tilapia. Tiempo de duración de cada etapa.

Etapas	Talla (cm)	Peso (g)	Tiempo (días)
Huevo	0.2	0.009	3 – 8
Alevin	0.3 -0.5	0.10 – 15	20 – 45
Alevin Cría	3 – 8	5 – 20	20 – 30
Juvenil	8 – 15	20 – 200	45 – 60
Adulto	15 – 25	200 - 900	70 – 90

Adaptado de (Poot, 2010, pág. 15).

Las etapas tienen un tiempo relativamente corto lo que evidencia que es una especie de rápido crecimiento.



Huevo

El huevo es la primera forma en que se puede considerar un potencial pez. Tiene un peso aproximado de 0.009 g, es de color amarillo y toma alrededor de 8 días para eclosionar en la tilapia roja (Poot, 2010, p. 16).

Alevín

Se denomina alevín al momento de la eclosión de los huevos con una talla de 0.3 cm a 0.5 cm y peso de 0,10 g a 5 g esta etapa tiene un tiempo de 7 a 45 días desde la eclosión hasta llegar al peso de la siguiente etapa (Poot, 2010, p. 16).

Alevín Cría

La etapa de cría empieza a partir de los 45 días desde la eclosión en donde los aun llamados alevines tienen una talla de 3 cm a 8 cm con un peso aproximado de 5 g a 20 g. La etapa dura de 20 a 30 días (Poot, 2010, p. 16).

Juvenil

La etapa de juvenil empieza alrededor de los 65 días desde la eclosión con una talla aproximada de 8cm a 15cm y un peso de 20g a 200 g con una duración máxima de la etapa de 60 días (Poot, 2010, p. 17).

Adulto

El estado adulto de la tilapia empieza con una talla aproximada entre de 15cm a 25 cm y un peso promedio de 200g, donde el pez puede llegar a pesar los 900g peso final al saque, es decir que alcanza este peso al ser pescado. Esta etapa dura aproximadamente 90 días (Poot, 2010, p. 17).

1.4. Factores que afectan los peces en el cultivo

1.4.1. Mortalidad

La mortalidad se puede cuantificar por la cantidad de peces que mueren en un determinado tiempo dentro del estanque o piscina, se puede expresar mediante un porcentaje como la tasa de mortalidad (FAO, 2012). Se logra medir la mortalidad mediante el conteo diario o por la diferencia del total de peces vivos sembrados y total de peces vivos al final del experimento mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ Peces vivos}}{N^{\circ} \text{ Peces sembrados}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

La mayor mortalidad se presenta en etapas iniciales de crecimiento de la tilapia pudiendo estar este entre el 10% al 15% en alevines y entre 1% y 2% en etapa de engorde (Erazo, Manual de crianza de tilapia, 2012, pág. 10)

Factores Físicos, Químicos y Biológicos de Mortalidad

La tasa de mortalidad es principalmente ocasionada por los tres factores que son: Físicos, Químicos y Biológicos, los que se pueden resumir en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores que afectan la productividad del cultivo de tilapia

Factores Físicos	Factores Químicos	Factores Biológicos
Las variaciones altas de temperatura condicionan al animal, haciéndolos más susceptibles a las enfermedades.	Contaminación con pesticidas, residuos de metales pesados, desperdicios agrícolas e industriales.	Mala nutrición
En sistemas intensivos con poca profundidad, los rayos solares pueden ocasionar quemaduras en el dorso del animal.	Desperdicios metabólicos como el amonio y nitritos son altamente tóxicos.	Microorganismos: bacterias, virus y parásitos.
El exceso de nitrógeno puede producir la enfermedad conocida como burbuja de gas, así como la presencia de amonio en altas cantidades.	Partículas en suspensión causan daños mecánicos sobre las branquias, impiden el intercambio gaseoso y se convierten en substrato para el desarrollo de hongos.	Algas: algunas producen toxinas. Animales acuáticos: los moluscos como los caracoles, son focos de infección y actúan como huéspedes intermediarios en el ciclo biológico de muchos parásitos.

Nota: Estos factores ocasionan: limitación de crecimiento, enfermedades al cultivo de tilapia y mortalidad.

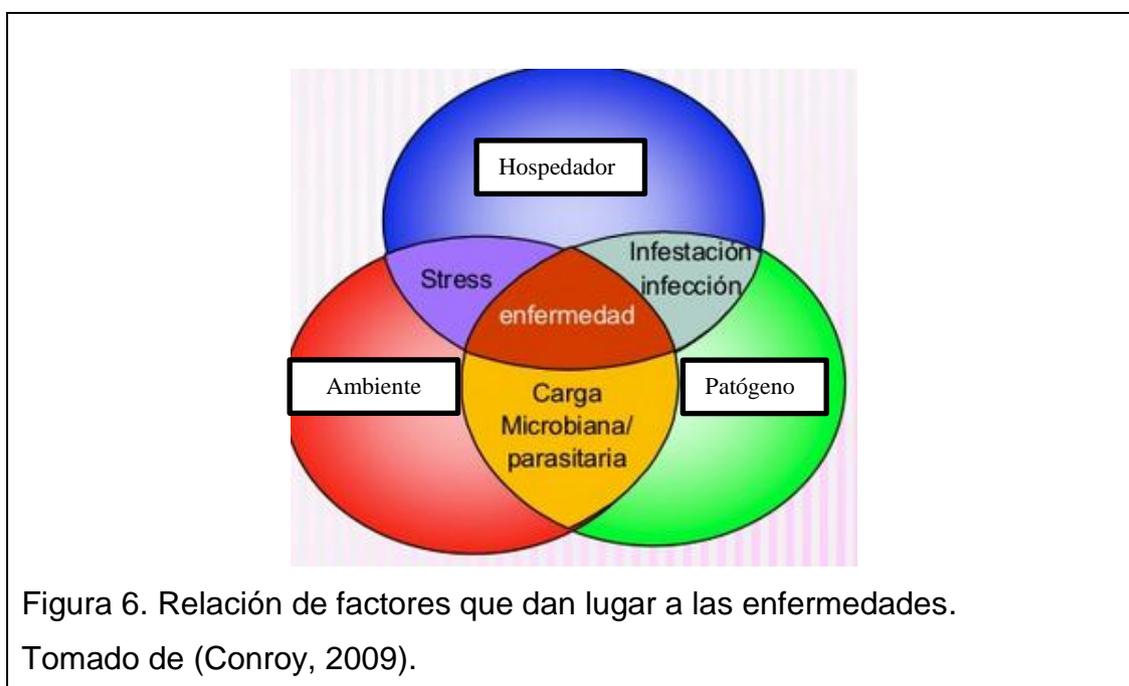
Tomado de (Castillo, 2011, pág. 43).

1.4.2. Morbilidad

La morbilidad se la define como la cantidad de individuos en una población que son afectados por una o varias enfermedades en un lugar y tiempo determinado (FAO, 2012).

Enfermedades Principales

Las enfermedades son la suma de varios factores, los principales son patógeno, ambiente y hospedador (Conroy, 2009).



Se puede observar en la Figura 6, que el desequilibrio de los factores ya sea ambientales, presencia de patógenos y stress de la tilapia puede generar una enfermedad tanto bacteriana, viral, fúngica o parasitaria. Dichas enfermedades son causadas por un patógeno que aprovecha condiciones ambientales y fisiológicas del hospedador.

En la Figura 7 se enumeran los agentes causales de las enfermedades que atacan a la tilapia. Cada estadio de la tilapia es más susceptible a ser atacada por diferente género bacteriano o agente.

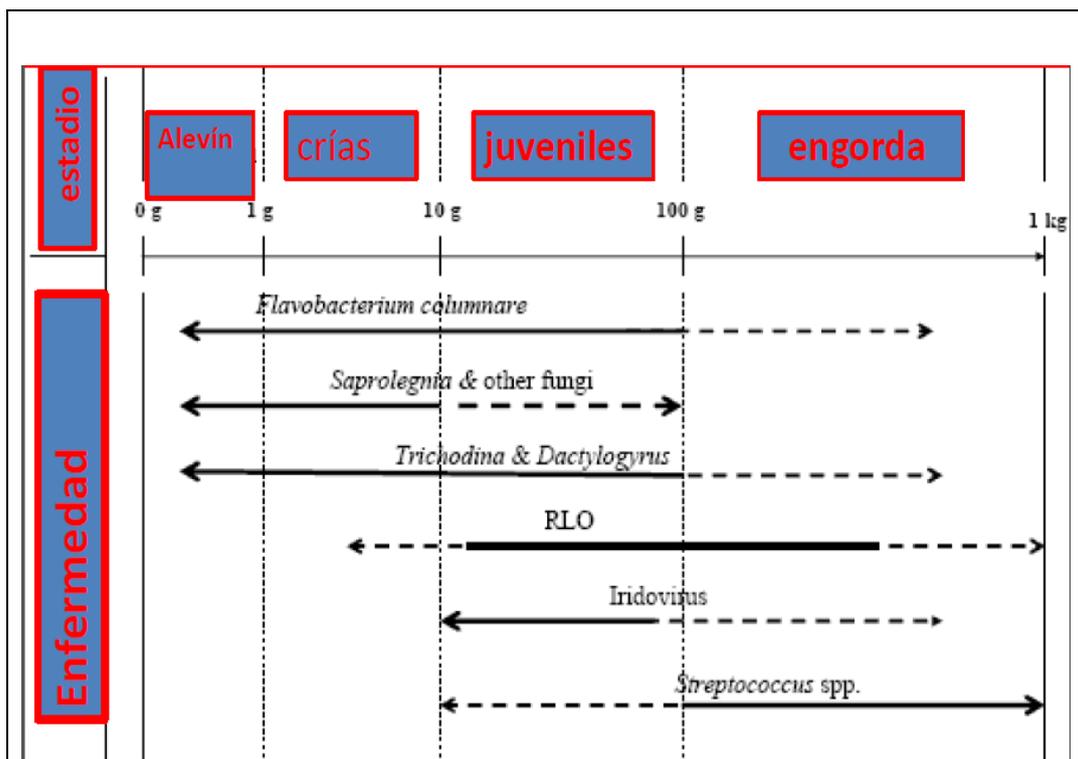


Figura 7. Principales agente causal de enfermedades que atacan al cultivo de tilapia

Tomado de (Conroy, 2009).

Las principales enfermedades de la tilapia son:

Tabla 4. Enfermedades de la tilapia.

Enfermedad	Agente causal	Síntomas	Condiciones de desarrollo	Formas de Control
Estreptococosis	<i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Streptococcus iniae</i>	Ojos saltones (exoftalmia), absesos en la piel, infecciones internas.	Temperatura elevada de la normal, alta densidad poblacional.	Disminuir el alimento, reducir peces por area, antibióticos.
Columnaris (silla de montar)	<i>Flavobacterium columnare</i>	Aletas rotas o deshilachadas, necrosis en las agallas	Aumento de temperatura al momento de transporte. Presencia de alto contenido de amoníaco.	Recambios de agua, antibióticos.
Argulosis (piojo de pez)	<i>Argulus sp.</i>	Puntos rojos en la piel, secreción excesiva de mucus en la piel.	Infestaciones en las larvas o ingreso de peces infestados a la explotación.	Organofosforados, inmersión en Malation (base activa)
Dinoflagelados	<i>Amyloodinium spp.</i>	Excesiva secreción mucosa en la piel.	Alta salinidad del agua.	Aumentar recambios de agua dulce o potable.

Protozoarios	<i>Trichodinia</i> <i>sp.</i>	Debilitamiento, opacidad de la piel, mucosidad en las branquias.	Stress en la tilapia, alta densidad poblacional.	Disminuir la salinidad, inmersión en formol o agua oxigenada.
Trematodes	<i>Clinostomum</i> <i>sp.</i>	Presencia de larvas de color blanco y amarillo.	Los vectores son las aves y los caracoles.	Control biológico de caracoles, mallas antipájaros.
Cicliados	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Manchas y puntos blancos en la piel, se frota en superficies ásperas,	Temperatura 25 – 26 °C Falta de higiene en los estanques.	Baños de sal o en verde de malaquita disuelta en formol; 4 gramos por litro de agua.

Adaptado de Alevinos del Valle, 2013 ; Castillo, 2011.

1.5. Sistemas acuícolas de producción

Existen varios tipos de sistemas de producción acuícolas dependiendo de la ubicación, cultura y varios factores en donde se encuentre asentada la explotación. Los sistemas varían por la tecnología utilizada para producir, puede darse de manera artesanal o con técnicas y tecnología para mejorar la productividad en cantidad y calidad del producto (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012).

1.5.1. Sistema artesanal

El sistema artesanal está comprendido por estanques de tierra rudimentarios o posibles acumulaciones de agua en donde sus factores ambientales están determinados por la geografía y épocas del año. Dispone de agua con mínima cantidad de oxígeno disuelto (OD) suficiente para poder generar un microclima para la supervivencia de la tilapia. Por lo general estos estanques no tienen formas definidas, la alimentación y manejo está impuesto por conocimientos empíricos del productor (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 5).

La densidad de siembra es de 1-2 peces/ m^2 , el ciclo de producción está definido por la época lluviosa con una sola producción anual (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 5).

1.5.2. Sistema extensivo

En este sistema se utiliza poca tecnología, con recursos naturales como vertientes de agua o riachuelos conducidos a estanques de tierra donde se encuentran los peces, la densidad de siembra es de 1-2 peces/ m^2 . La alimentación es natural y se basa en frutas y hojas, junto con residuos caseros como cereales o tubérculos cocidos (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 5).

1.5.3. Sistema semi-intensivo

Este sistema implica control de los factores ambientales como temperatura, oxígeno disuelto (OD) y calidad del agua. La alimentación está basada en balanceados que van desde los 24% a 50% de proteína, los que pueden ser mezclados con alimento natural como frutas. En este sistema se utiliza la fertilización con nitrógeno y potasio para generar organismos microscópicos como zooplacton y fitoplancton que son consumidos por las tilapias para su crecimiento y engorde (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 6).

Con aplicación de tecnología se alcanza mejor productividad, la densidad de siembra es de 4 - 8 peces/ m^2 (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 6)

1.5.4. Sistema intensivo

Los cultivos acuícolas intensivos se realizan de manera apartada al medio natural, por lo general instalaciones construidas sin contacto con la tierra, ya sea mediante la utilización de coberturas de cemento o geomembrana (plástico de alta densidad). Sistemas de captación de agua, recirculadores son empleados en conjunto con un monitoreo de factores para crear un ambiente cerca del óptimo para el crecimiento de los peces. La alimentación es basada en balanceado comercial, extruido y con un contenido proteico de 24% a 50% de proteína neta (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 7).

Se utiliza aireadores que dan la capacidad de producir entre 8-12 peces/ m^2 en engorde y 1 000 – 3 000 alevines/ m^2 (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 7).

1.6. Sistema de producción semi-intensivo e intensivo de tilapia

1.6.1. Pre-engorde – Sistema intensivo

Se inicia con la siembra de los alevines con una edad de 30 días, comprendiendo 5 días de recolección desde la eclosión del huevo hasta la agrupación del lote de alevines, seguidos de 25 días de aplicación del alimento hormonal para la reversión sexual. Inician con un peso promedio entre 0,5g y 1g con una densidad promedio de hasta 1 000 alevines/ m^2 en sistema intensivo, con control de factores ambientales como temperatura, pH y oxígeno disuelto. Esta etapa dura de 30 a 60 días. En esta etapa se emplean alimentos con alto contenido proteico neto al 50% para inducir el crecimiento en talla o tamaño y posteriormente efectuar el engorde. El alimento de pre-engorde es suministrado entre 4 y 6 raciones diarias preferentemente en un horario de 8 a.m. a 5 p.m. es donde las tilapias tienen alto metabolismo y asimilación (Erazo, Manual de crianza de tilapia, 2012, p. 14).

Los estanques pueden variar desde 3 m^2 a 10 m^2 protegidos con mallas anti pájaros de polietileno con un tamaño de cuadro de 21mm x 21mm que ayudan a prevenir la depredación por pájaros principalmente como el martin pescador (*Ceryle torquata*) y las garzas (*Casmerodius albus*) (Garcés, 2001, p. 17).

1.6.2. Engorde I – Sistema semi-intensivo

Inicia con la clasificación separando por talla y con peso promedio entre 10g y 20g, en una densidad de 7 tilapias/m² en un sistema de producción semi-intensivo con protección de mallas anti pájaros. Las piscinas de engorde pueden variar desde 150 m² hasta 500 m². En esta etapa se suministra alimento de 32 – 38% de proteína con 3 raciones diarias (Erazo, Manual de crianza de tilapia, 2012, p. 14).

1.6.3. Engorde II – Sistema semi-intensivo

En esta etapa la tilapia tiene un peso promedio entre 150g y 250g. En esta etapa es donde la tilapia culmina su crecimiento en la misma piscina de engorde I, conservando la misma densidad de 7 tilapias/m². La variante es el alimento suministrado de 24%- 28% de proteína que se considera de mantenimiento dividido en 3 raciones diarias (Erazo, Manual de crianza de tilapia, 2012, p. 14).

1.7. Requerimientos ambientales para el crecimiento de la tilapia

1.7.1. Temperatura

La tilapia está adaptada principalmente a las aguas cálidas a una altura de 700 a 1000 msnm, se puede observar en la Tabla 6, que la tilapia tiene un rango de temperatura óptimo de 28°C a 32°C y resiste un mínimo de 22°C hasta un máximo de 33°C (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 18).

Tabla 6. Valores de supervivencia de la tilapia.

Supervivencia de la tilapia	Temperatura °C
Valor mínimo	22°C
Valor rango óptimo	28°C - 32°C
Valor óptimo	28°C
Valor máximo	33°C

Adaptado de (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, pág. 19).

Todas las especies acuáticas tienen un rango óptimo de temperatura y comienzan a tener problemas con temperaturas críticas o subóptimas (por

debajo o por encima de este rango) las que afectan directamente al metabolismo del pez conduciéndolo a la muerte. La tilapia así como otros peces son poiquiloterms es decir que su temperatura corporal depende directamente del medio en el que se encuentran y termófilos, susceptibles a cambios de temperatura, cambios bruscos de solo 2°C puede llegar a matar al pez (Castillo, 2011, p. 47).

Los alevines son susceptibles a cambios de temperatura, debajo de los 25 °C tienden a inmunosuprimirse y son atacados por patógenos seguido de una mortalidad (NICOVITA, 2012).

La tilapia roja *Oreochromis sp.* es la más apta para vivir en aguas lenticas (estanques con poca afluencia de agua) a diferencia de las demás especies de tilapia (NICOVITA, 2012).

A temperaturas críticas (por debajo o por encima del valor óptimo) los peces entran en stress y dejan de alimentarse, lo cual afecta a su sistema inmunológico se tornan altamente susceptibles a enfermedades principalmente producidas por bacterias y en consecuencia se eleva la mortalidad (Castillo, 2011, p. 47).

La tasa metabólica de la tilapia está afectada directamente con la temperatura, a mayor temperatura incrementa la tasa metabólica y en resultado mayor consumo de oxígeno disuelto (Castillo, 2011, p. 47).

Según Mironova (1976, pp. 4-6) “cuando se incrementa el metabolismo de los especímenes, conlleva un incremento del costo de mantención y por tanto la energía disponible para crecimiento disminuye”.

La variación de temperatura entre el día y la noche produce un déficit de alimentación el cual debe ser remediado con el suministro de alimentos altamente proteínicos (Castillo, 2011, p. 48).

Los estanques profundos más de 1m producen una línea llamada termoclina (ver Figura 8, la misma divide la parte superior (epilimnio) que contiene agua caliente menos densa de la parte baja (hipolimnio) con agua fría, esto impide

el intercambio gaseoso, la salida de gases tóxicos y la entrada de O₂ (Castillo, 2011, p. 48).

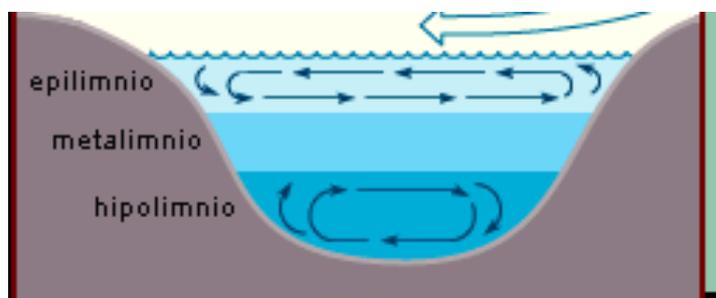


Figura 8. División del agua por temperaturas

Tomado de (Domínguez, 2013).

El valor tentativamente ideal es de 28°C siendo un promedio entre el rango de supervivencia, mientras mayor sea la temperatura mejor será la actividad metabólica y exige mayor consumo de oxígeno (López & Cruz, 2011, pág. 6).

1.7.1.1. Metodología de manejo de Temperatura

Aumento de temperatura

Método 1

Para el aumento de temperatura se utilizan paneles de polietileno colocados a una altura específica para conseguir la temperatura que requiere. En la noche se cubre el estanque con el mismo panel solar con una abertura para dejar el intercambio gaseoso (Erazo, 2015).

Método 2

Otro método para elevar la temperatura del agua es la utilización de calentadores de agua y termostatos. El termostato es el instrumento que mide la temperatura y enciende o apaga el calentador para mantener una temperatura regulada con los requerimientos. Existen equipos llamados

termocalentadores que tienen ambos aparatos y funcionan automáticamente (Petracini, 2012).

Método 3

Reducir el recambio de agua ayuda a mantener una temperatura elevada por la acción de los rayos del sol durante las horas de luz (Erazo, Manejo de Factores ambientales, 2015).

Tabla 7. Ventajas y desventajas métodos de aumento de temperatura.

Métodos aumento de temperatura	Ventajas	Desventajas
Paneles de polietileno	Proveedores comerciales.	Difícil control de temperatura constante.
Termocalentadores	Control de temperaturas constantes.	Costo de mantenimiento y adquisición elevado.
Reducir recambios de agua	Método económico	Reduce la oxigenación del agua. Cambios de pH durante el día.

Nota: Se presenta el cuadro de ventajas y desventajas de la utilización de dichos metodos para tomar en consideracion al momento de realizar una recomendación.

Adaptado de (Erazo, 2015);(Petracini, 2012)

Descenso de temperatura

Método 1

Para bajar la temperatura se utiliza recambios de agua en medida a conseguir la temperatura baja que se requiera (Erazo, 2015).

Método 2

Aplicar paneles solares con aislante térmico a una altura específica sobre la superficie del agua (Erazo, 2015).

Tabla 8. Ventajas y desventajas métodos de descenso de temperatura.

Métodos descenso de temperatura	Ventajas	Desventajas
Aumento recambio de agua	Método económico. Fácil manejo.	Alteración en la oxigenación del agua. Cambios de pH.
Panel aislante térmico	Proveedores comerciales	Reducción de luz solar.

Adaptado de (Erazo, 2015).

1.7.2. Oxígeno

El oxígeno está ligado directamente con la temperatura, por lo tanto tiene una gran importancia en el cultivo de la tilapia, su grado de saturación es inversamente proporcional a la altura sobre el nivel del mar y directamente proporcional al pH y la temperatura del agua. El rango óptimo está sobre los 4 ppm. Por debajo de los 3 ppm la tilapia sufre una alteración en el metabolismo y existe una baja conversión alimenticia (Castillo, 2011, p. 44).

La concentración de oxígeno depende de la ubicación en el estanque, teniendo menos oxígeno en la parte profunda (hipolimnio) por presencia de gases tóxicos generados por las heces de los peces y más oxígeno en la parte superior (epilimnio) donde se produce la fotosíntesis de manera óptima (Castillo, 2011, p. 44).

En la Tabla 9 se puede observar la concentración de oxígeno en el agua y los efectos en los alevines de tilapia.

Tabla 9. Oxígeno disponible y sus efectos.

Nivel Oxígeno	Efectos
0.0 – 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos periodos de máximo 5 días.
0.3 – 1.0	Letal en exposiciones prologadas en un periodo promedio de 5 días.
1.0 – 3.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente. Se puede duplicar el tiempo de producción.
3.0 – 9.0	Rango ideal para el crecimiento de los peces.

Tomado de (Castillo, 2011, pág. 45).

Al igual que la temperatura niveles subóptimos en este caso del oxígeno menos de 3 ppm genera una alteración en la tasa metabólica, reduce la conversión alimenticia y se ve afectado el sistema inmune lo cual conduce a una alta mortalidad (Castillo, 2011, p. 45).

El oxígeno que consume el pez es el disponible en el agua, existe distintas formas de suministrar oxígeno, mediante máquinas sopladoras que añaden aire, una mezcla de oxígeno, nitrógeno y otros gases. Otra manera es con vaporizadores de oxígeno líquido que al contacto con el agua es transformado en gas (Castillo, 2011, p. 45).

La tilapia consume 44g de oxígeno, 61g de CO_2 por cada Kg de alimento para realizar la conversión alimenticia adecuadamente (Castillo, 2011, p. 45).

Las condiciones óptimas requieren de 5ppm de oxígeno las 24 horas (Castillo, 2011, p. 45).

Las tilapias tienen un mecanismo para sobrevivir a bajas condiciones de oxígeno disuelto mediante un mecanismo llamado “boqueo” donde el pez atrapa el oxígeno del aire sobre la superficie del agua, aunque consigue una baja cantidad de oxígeno, quedan expuestas patógenos (Castillo, 2011, p. 45).

En la Tabla 10 se puede observar los factores que disminuyen el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 10. Bajas de oxígeno disuelto

Factores que disminuyen nivel de Oxígeno Disuelto (OD)	Causas de bajas del Oxígeno Disuelto (OD)
Descomposición de la materia orgánica	Generación de gases de descomposición como CO ₂ que desplaza el OD
Alimento no consumido	Descomposición genera amonio y gases que desplazan el OD
Acumulación de heces de los peces	Generación de nubosidad lo que reduce el intercambio de oxígeno
Aumento de la Tasa Metabólica por incremento de la Temperatura (ciclo día-noche)	Necesidad de consumir más oxígeno por mayor temperatura
Disminución del recambio de agua.	Reducción intercambio de agua con OD
Desgasificación, por pérdida del oxígeno hacia el aire.	Desplazamiento de OD
Densidad de siembra, peces por metro cuadrado.	Demanda de OD para mayor cantidad de peces por metro cuadrado

Aumento de los sólidos en suspensión.	Generación de opacidad suplanta al OD
Alta opacidad	Disminución generación de O ₂
Presencia de peces muertos.	Descomposición genera amonio y gases que desplazan el OD

Tomado de (Castillo, 2011, pág. 45).

En la Tabla 11 se puede observar las consecuencias de la disminución de oxígeno disuelto.

Tabla 11. Consecuencias por disminución de oxígeno disuelto en el agua.

Consecuencia de las bajas de OD
Disminución en el crecimiento del pez.
Peces aletargados y sin apetito.
Disminución el sistema inmune y se aumenta la susceptibilidad a enfermedades.
Producción de enfermedades en las branquias.
Aumento el porcentaje de mortalidad en el cultivo.
Disminución de la capacidad reproductiva.
Dificultades respiratorias.

Tomado de (Castillo, 2011, pág. 46).

La baja de oxígeno en el agua es uno de los grandes problemas que puede presentarse en una explotación ya que alarga el tiempo de producción, genera enfermedades y eleva la mortalidad de la tilapia, esto repercute en una manera significativa en la rentabilidad del productor.

Las ventajas de una buena aireación son:

- Mayor oxígeno disuelto, es decir mayor densidad de siembra. La densidad de siembra es la cantidad de peces por metro cuadrado (Castillo, 2011, pp. 46).
- Buenos rendimientos productivos como crecimiento, conversión alimenticia y menor mortalidad (Castillo, 2011, pp. 41-43).
- Controla la temperatura, creando un solo cuerpo de agua a temperatura uniforme por el movimiento constante de partículas de oxígeno y en consecuencia genera movimiento constante de partículas de agua sin dar paso a formar la línea termoclina que divide el estanque en partes (Figura 4.) (Castillo, 2011, pp. 41-42).
- Desplaza gases tóxicos por la incorporación de oxígeno en el agua (Castillo, 2011, pp. 41-42).

1.7.3. Potencial de Hidrógeno (pH)

Es la medida de concentración de los iones de hidrógeno en el agua. La gran mayoría de las especies acuáticas viven sin problema en aguas neutras (pH = 7.0) o ligeramente alcalinas, el rango que necesita las tilapias es de pH 6.5 a 9.0, este pH combinado con una dureza media-alta ayuda a la secreción de mucus necesaria en la piel (Castillo, 2011, p. 47).

El mucus en la piel de la tilapia ayuda a reducir la fricción del pez en el agua, también protege a la piel de hongos y parásitos ya que puede morir por infección ocasionados por estos (Prado, 2015).

El rango óptimo de las tilapias se encuentra entre un pH 6.5 a 9.0, no puede bajar a niveles básicos de 5 pero si resiste niveles alcalinos de 11 (Saavedra, 2006, p. 13).

Los valores de pH durante el día van desde un 7 +/- 0.5 al amanecer y un 9.0 +/- 0.5 en la tarde estas fluctuaciones se producen por la relación directamente proporcional del oxígeno con el pH. El fitoplancton por la fotosíntesis es el responsable de aportar oxígeno en el día y produce dióxido de carbono en la noche el mismo que desplaza los gases reduciendo el oxígeno disuelto del agua al amanecer (NICOVITA, 2012).

En aguas con baja alcalinidad el pH tiende a bajar a un 5.7 al amanecer y llega a un 9.7 en la tarde, siendo estos extremos amplios en el rango lo que causan estrés a las tilapias. En aguas altamente alcalinas y baja dureza se produce un pH que puede llegar a 11.0, este es el pH máximo tolerado por las tilapias antes de la mortalidad (Castillo, 2011, p. 46).

Las aguas alcalinas con niveles menores a 15 ppm de dureza no son aptas para la vida acuática, presentan alta acidez, el ácido carbónico y el CO₂ no permiten la producción de fitoplancton, estas aguas inestables generan estrés por la alta variación de pH muy reducidos en la mañana y muy elevados en la tarde (Castillo, 2011, p. 46)

En valores de pH críticos (menores a 6.0 y sobre los 9.0) hay interrupción metabólica, se reduce el crecimiento, se genera inapetencia o falta de apetito, entran en un estado de letargo, baja la reproducción (Castillo, 2011, p. 46).

En aguas con pH cerca de 5.0 se produce una mortalidad acelerada en un periodo de 3 a 5 horas, por incremento de mucus que causa despigmentación de la piel y fallas respiratorias. A valores de pH por encima de los 11.0 inicia una alta mortalidad (NICOVITA, 2012).

En valores de pH bajos el ion Hierro (Fe⁺⁺) se vuelve soluble adhiriéndose a las branquias produciendo muerte por anoxia o asfixia (Castillo, 2011, p. 47).

La variación del pH durante el día está determinada por la presencia del fitoplancton, la alcalinidad, la dureza del agua y la concentración de CO₂ (Castillo, 2011, p. 47).

Un estudio muestra “La toxicidad del amonio en forma ionizada (NH₃), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. A pH bajo (ácido) no ocasiona mortalidades” (Chong & Zambrano, 2012, p. 6).

Se toma de referencia un valor tentativamente ideal de pH es 7, es el valor al que se desarrolla la mayor parte de organismos acuáticos (Sumano, Mena, & Macias, 2002, pág. 13) .

1.7.3.1. Metodología de manejo de pH

La mayor cantidad de peces viven a un pH neutro entre 6,8 a 7,1. A un pH mayor de 7,5 se produce una alta formación de fitoplancton y zooplancton, en este tipo de aguas pueden vivir una limitada variedad de peces entre ellos los *cíclidos* africanos así como bacterias patógenas. La mayoría de peces en pH alto presentan lesiones respiratorias y en la piel (Petracini, 2012).

En un pH ligeramente ácido entre 6,8 a 7 se presenta agua brillante amarillenta, inolora, la mayoría de peces de río viven en estas aguas. A pH menor de 6,8 hay escaso crecimiento de fitoplancton, muy pocos peces viven en este tipo de aguas ácidas como ejemplos están los *Symphysodon* y *Tetras* (Petracini, 2012).

Aumento de pH

El aumento de pH en algunos peces produce la alcalosis de los mismos.

La alcalosis es una enfermedad similar a una intoxicación, los peces sufren una irritación de las branquias junto con el deshilachamiento de las aletas (Petracini, 2012).

Métodos de aumento de pH

El aumento de pH se realiza mediante la adición de sales minerales tales como carbonatos, acompañado de la dureza del agua.

Metodo 1

Se colocan piedras calcáreas, o conchas de mar ya sean molidas o enteras. Al igual que la turba la aplicación de estas son graduales puesto que es necesario controlar el pH periódicamente para evitar alcalosis (Petracini, 2012).

Las piedras calcáreas y conchas de mar contienen carbonato de calcio ($CaCO_3$) en su composición el agente activo que eleva la alcalinidad y dureza del agua (Castillo, 2011, p. 46).

El carbonato de calcio tiene la capacidad de aumentar la dureza permanente del agua por el aumento de los iones Calcio (Ca^{++}). En otras palabras al aumentar los carbonatos, aumenta la capacidad de absorber los ácidos y se eleva el pH (Petracini, 2012).

Método 2

Es necesario un buffer para mantener un nivel elevado de pH (Petracini, El acuarista). Se aplica Carbonato de calcio (CaCO_3) en dosis de 6g por cada 100 litros de agua esto elevara entre 2 a 3 grados de dureza por la acción del calcio. A la par se incrementa los puntos de pH por el Carbonato (Petracini, 2012).

Un buffer es una sustancia química un amortiguador el que permite regular el pH sin tener cambios bruscos del mismo. Estos cambios bruscos de pH en los peces pueden ocasionar la muerte instantánea (Petracini, 2012).

Los buffer consisten en sales hidrolíticamente activas que son productos que resultan de la reacción de ácidos fuertes y álcalis como el carbonato de calcio (Petracini, 2012).

Método 3

Otra manera de aumentar el pH de manera inmediata es la aplicación de bicarbonato de sodio (NaHCO_3), cloruro de calcio (CaCl). A diferencia del carbonato de calcio el bicarbonato es de acción temporal. En la Tabla 12 se puede observar los distintos métodos y técnicas que se utilizan para el aumento de pH del agua con sus respectivas ventajas y desventajas.

Tabla 12. Ventajas y desventajas métodos de aumento de pH.

Métodos aumento de pH	Ventajas	Desventajas
Conchas de mar, piedras calcáreas.	Proveedores comerciales.	Acción continua y prolongada en aplicación directa.
Bicarbonato de sodio o Cloruro de calcio	Proveedores comerciales.	Acción temporal. Necesario control constante.
Carbonato de calcio	Sustancia abundante en la naturaleza. Proveedores comerciales.	Cambio de pH con acción inmediata.

Adaptado de (Petracini, 2012).

Descenso de pH

Cuando el pH del agua desciende por debajo de lo tolerado de la especie se produce una acidosis. La acidosis se manifiesta en forma de derrames sanguinolientos que afectan el cuerpo, enrizamiento de aletas, los peces nadan en círculo, se debilita el sistema inmune por consiguiente bacteriosis que producen la muerte. (Petracini, 2012).

Las razones principales para el descenso del pH es la presencia excesiva de ácidos orgánicos o superpoblación de peces (Petracini, 2012).

La baja excesiva produce muchos daños antes mencionados, pero la baja de pH controlada puede ser beneficiosa en peces de ambiente ácido, a un pH de

6,8 los peces producen una secreción de mucus en la piel lo que ayuda a la defensa contra infecciones (Petracini, 2012).

Métodos de descenso de pH

Método 1

Uso de turba, un sustrato proveniente de la fosilización de tipo de musgo del género *Sphagnum*, existen muchos tipos de turbas que sirven para mejorar la tierra de jardín y solo dos géneros son aptos para el uso acuícola y estos son *Sphagnum acutifolium* y *Sphagnum cymbifolium* (Petracini, 2012).

La turba se utiliza para descender el pH del agua por el efecto del ácido húmico, se puede aplicar de manera directa mediante un filtro, o mediante la aplicación de una solución de turba previamente tratada (Petracini, 2012).



Figura 9. Turba para acuicultura.

Tomado de (Petracini, 2012).

Forma de aplicación

La turba se la remoja un par de minutos y se la lleva a hervir hasta que el agua se torne oscura. Esta agua se filtra y se utiliza como extracto para aplicación directamente en el estanque, la turba hervida es colocada en una bolsa de filtro tipo té y se la coloca en el estanque como estabilizador. Es importante saber que la turba actúa de manera continua por lo que es necesario controlar el pH y sacar la bolsa de turba cuando sea necesario. Se debe utilizar un promedio de medio litro de extracto de turba por cada 50 litros de agua (Petracini, 2012).

Método 2

Una alternativa para bajar el pH de forma rápida es la aplicación de dihidrogenofosfato (bifosfato ácido) de potasio (KH_2PO_4) o de dihidrogenofosfato (bifosfato ácido) de sodio (NaH_2PO_4). Es necesario realizar mediciones durante la adición de los mismos para evitar un descenso brusco, y volver a medir después de un par de horas si es necesario agregar más dosis, esto dependerá de la dureza del agua (Petracini, 2012).

Método 3

Otra manera es la adición de ácido clorhídrico y el ácido fosfórico, de la misma manera es necesario agregar haciendo mediciones constantes (Petracini, 2012).

Es importante las mediciones controladas en el descenso del pH ya que la tilapia no es un pez resistente a bajos niveles de pH.

Antes de agregar los ácidos es necesario agregar aguas blandas para que el ácido actúe y no se genere un efecto tampón en el caso de un agua dura (Petracini, 2012).

Tabla 13. Ventajas y desventajas métodos de descenso de pH.

Métodos descenso de pH	Ventajas	Desventajas
Turba	Fácil aplicación. Proveedores comerciales. Sustrato natural, ácido orgánico.	Actúa de manera continua, necesario control constante si se aplica sustrato en directo al agua.
Dihidrogenofosfato (bifosfato ácido) de potasio (KH ₂ PO ₄) o Dihidrogenofosfato (bifosfato ácido) de sodio (NaH ₂ PO ₄)	Proveedores comerciales. Aplicación directa.	Acción inmediata con cambios bruscos de pH. Necesario control constante.
ácido clorhídrico y el ácido fosfórico	Aplicación directa. Proveedores comerciales.	Cambio de pH con acción temporal.

Adaptado de (Petracini, 2012).

1.7.4. Dureza

La dureza está directamente relacionada con la alcalinidad que es la capacidad de resistir cambios de pH (Castillo, 2011, pág. 46).

Es la concentración de iones calcio (Ca⁺⁺) y Magnesio (Mg⁺⁺), se puede expresar en ppm o mg/L en su equivalente en carbonato de Calcio (CaCO₃).

Existen tipos de aguas determinadas por la dureza y se mide en ppm o mg/L como se puede observar en la tabla 14 (Castillo, 2011, p. 46).

Tabla 14. Dureza del agua. Concentración de iones

Ppm	Dureza
0 – 75	Blanda
75 – 150	Moderadamente Blanda
150 – 300	Dura
300 y mas	Muy Dura

Nota: (*) Rango óptimo entre 50 – 350 mgr/Litro.

Tomado de (Castillo, 2011, pág. 46).

En aguas muy blandas las tilapias son afectadas reduciendo el tiempo de crecimiento, pérdida de escamas, deshilamiento de sus aletas natatorias, se recomienda la aplicación de Carbonato de calcio (CaCO_3) o Cloruro de calcio (CaCl) así se estabiliza el agua generando más dureza del agua (NICOVITA, 2012).

Cuando la dureza está por encima de 350 mg/Litro, se controla con el empleo de zeolita en forma de arcilla en polvo, adicionada al sistema de filtración hasta llegar a las 150mg/L a 200mg/L ppm necesarias (NICOVITA, 2012).

1.7.5. Amonio (NH_3)

Es el producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia orgánica principalmente de la proteína del alimento no consumido que llega al fondo del estanque (Erazo, Manual de crianza de tilapia, 2012).

Como se puede observar en la tabla 15, existen dos estados del amonio presente en el agua, el amonio no ionizado (amonio gaseoso) producto de las heces de los peces es un elemento altamente tóxico y en forma ionizada que no presenta ninguna afectación a los alevines de tilapia (Castillo, 2011, p. 47).

Tabla 15. Estados y formas de amonio.

NH₃ + H₂O (amonio gaseoso)	NH₄ + OH⁻
Forma no ionizada.	Forma ionizada.
Forma tóxica.	Forma no tóxica.
Producto de excreción de los peces.	
Degradación de la materia orgánica.	

Tomado de (Castillo, 2011, pág. 47).

Los valores ideales para las tilapias deben estar entre 0.01ppm y 0.10ppm de amonio. Los niveles máximos de tolerancia llegan a los 0.2ppm y 2.0ppm de amonio, a valores fuera de este rango produce mortalidad (Castillo, 2011, p. 47).

El amonio en concentraciones altas bloquea el metabolismo de las tilapias, afecta las branquias, ocasiona un desbalance de las sales, lesiona los órganos internos, y el pez se torna susceptible al ataque de patógenos, reduce el crecimiento y puede presentar enfermedades como exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen) (Castillo, 2011, p. 47).

Como se puede observar en la Tabla 16, el amonio en forma ionizada (NH_3) se puede formar en amoniaco tóxico a baja concentración de oxígeno junto con un pH alto y temperatura alta. A pH bajo o ácido el (NH_3) no causa mortalidad del pez. Es necesario conocer el pH, oxígeno disuelto y la temperatura para poder determinar la toxicidad del amonio ionizado (NH_3). A más pH el amonio se transforma más en amoniaco (Castillo, 2011, p. 47).

Tabla 16. Presencia de amoníaco según pH

NH_3/NH_4 (mg/l)	Proporción amoníaco (mg/l) por incremento de pH					
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
0.1	<0.001	0.001	0.002	0.006	0.014	0.035
0.2	<0.001	0.001	0.004	0.011	0.029	0.069
0.3	0.001	0.002	0.006	0.017	0.043	0.104
0.5	0.001	0.003	0.010	0.029	0.072	0.173
0.8	0.002	0.005	0.015	0.046	0.115	0.277
1.0	0.002	0.006	0.019	0.057	0.144	0.346
1.2	0.002	0.007	0.023	0.069	0.173	0.415
1.5	0.003	0.009	0.029	0.086	0.216	0.519
2.0	0.004	0.012	0.038	0.114	0.288	0.692
4.0	0.008	0.024	0.076	0.229	0.576	1.384
6.0	0.011	0.036	0.114	0.342	0.864	2.076
8.0	0.015	0.048	0.152	0.458	0.152	2.70

Inocuo | Nocivo | Muy peligroso

Adaptado de (Dreyer & Rainer, 1996).

Es importante controlar la alcalinidad del agua, mantener niveles de dureza mínimos de 30 ppm de Carbonato de calcio ($CaCO_3$) para que el amonio no se torne altamente tóxico y genere daños antes mencionados principalmente en las tardes donde el pH del agua es alto (Castillo, 2011, p. 46).

El amonio también es muy tóxico a temperaturas desde los 24°C a los 32°C junto a bajos niveles de oxígeno, pero con el incremento de CO_2 el cual baja el pH, se genera un equilibrio y la toxicidad se anula (Castillo, 2011, p. 47).

El dióxido de carbono (CO_2) reduce el oxígeno disuelto (OD) por lo tanto a menor cantidad de OD menor cantidad de alcalinidad o bajo pH (Chong & Zambrano, 2012, p. 6).

Los alevines pueden soportar niveles de amonio no ionizado hasta 0.24 ppm. A niveles de 7 a 10 ppm de oxígeno se aumenta la resistencia al amonio (Castillo, 2011, p. 45).

En peces expuestos a concentraciones por encima de 1 ppm de amonio no ionizado por un tiempo prolongado de un par de semanas se puede observar mortalidad, especialmente en alevines (Castillo, 2011, p. 47).

1.7.6. Turbidez

Turbidez se define como la transparencia del agua por la presencia de sedimentos o de microorganismos, principalmente fitoplancton y zooplancton. Para medirlo es necesario utilizar el disco Secchi, se sumerge el disco hasta la profundidad a la que se puede visualizar como se puede observar en la Figura 10, el rango óptimo es de 30 a 40 cm (López & Cruz, 2011, p. 6).



Figura 10. Disco Secchi

Tomado de (Pesca Equipos, s.f.).

Se puede manejar el nivel de turbidez mediante recambios de agua, con una relación inversamente proporcional es decir a mayor recambio menor turbidez (López & Cruz, 2011, p. 6).

Otra manera de mejorar la turbidez es mediante la dosificación de fertilizantes orgánicos y químicos, sin embargo se corre el riesgo de sobrefertilización por la presencia de nitrógeno en el balanceado comercial. Otro riesgo de los altos niveles de turbidez es la generación de un “blom de algas”, que es la acumulación de algas que al morir se descomponen y ocasiona una mortalidad total del cultivo (Castillo, 2011, p. 50).

El fitoplancton y zooplancton son los principales factores de la turbidez, estos proveen de alimento constante por lo que muchos productores toman la turbidez como indicador de productividad.

El color óptimo de una buena turbidez es verde botella Figura 11, la presencia de colores como verde oscuro o amarillo verdoso indican sobresaturación de algas y esto repercute en la salud de los peces.



Figura 11. Foto color óptimo de agua en el cultivo de tilapia

Se puede encontrar bibliografía con variados rangos de transparencia o turbidez sin embargo el rango general óptimo se presenta entre los 30 a 40 cm de visibilidad con el disco de Secchi (López & Cruz, 2011, pág. 6) (Erazo, 2012).

Se tiene como referencia ideal 40 cm de profundidad con disco de Secchi para la etapa de alevinaje en estanques de preengorde. El color ideal del agua debe ser verde botella (Erazo, 2012, p. 16).

1.8. Factores bióticos para el crecimiento de la tilapia

Los factores bióticos son todos los componentes que interactúan en el ecosistema o un espacio físico para sobrevivir en este caso un microclima manejado bajo condiciones adecuadas para generar un hábitat adecuado para el rápido crecimiento de la tilapia.

1.8.1. Alimentación

La alimentación de la tilapia está en función de su edad y peso, siendo suministrado alimento con concentrado proteico del 50 % para alevines de la edad de 1 a 2 meses. Conforme va el aumento de peso y tamaño la tilapia requiere menos concentración proteica en el alimento por su menor digestibilidad y asimilación (Erazo, 2012, p. 16).

La tilapia al pertenecer al género *Oreochromis* es omnívoro, consumiendo una gran diversidad de alimentos, como vegetación. Y al estar provistas de branquiespinas pueden filtrar microorganismos tendiendo a preferir el zooplancton (Saavedra, 2006, p. 16).

La tilapia tiene la característica de aceptar distintos tipos de alimentos como hojas de plantas, frutas, verduras, vegetales y tubérculos. La base de la alimentación en una producción piscícola semi-intensiva e intensiva es el balanceado formulado con alto valor proteico variando de 24% hasta un 50 % de proteína neta dependiendo el estado fisiológico del pez (Saavedra, 2006, p. 16).

La tilapia en estado natural tiene como base de su alimentación fitoplancton y zooplancton presente naturalmente en el agua con un contenido proteico aproximado de 55% (Poot, 2010). Acepta el balanceado comercial mejor que muchas otras especies acuáticas por lo que luce atractiva a muchos productores (FAO, 2009).

En los cultivos con fines comerciales se proveen normas de alimentación para el manejo por etapas como se puede observar en la Tabla 16. Para suministrar el balanceado con distinta concentración proteica se toma como referencia el peso, la edad y la talla.

1.8.1.1. Biomasa

Biomasa es el peso total de la población de peces en un área determinada, puede ser expresada en Kg o Kg/m_3 (NICOVITA, 2012).

Tabla 17. Programa de alimentación recomendado

Etapas	Código	Tamaño alimento (mm)	Proteína (%)	Peso (g)	Tasa de alimentación % de biomasa día	Frecuencia de alimentación /día
Alevines I	S-500	0.25-0.30	50	<1	10 – 20	8
Alevines II	S-500	0.9	50	1-5	8-12	8
Alevines III	S-500	1.2	50	5-15	8-12	8
Cría	T-380	2	38	15-50	6-8	5-6
Juvenil	T-320	4	32	50-200	3-6	3-4
Adulto	T-280	5	28	200-500	1-3	3-4
Adulto	T-240	5	24	500-900	1-3	2-3

Nota: Se observa en la Tabla 17, que la etapa de alevines se divide en 3 sub etapas, esto se da por la medida del extruido o tamaño del alimento en la presentación comercial.

Adaptado de (GISIS, s.f.)

En las primeras etapas de vida la tilapia necesita consumir mayor cantidad de alimento proteico, lo que ayuda al crecimiento longitudinal. En las etapas finales la tilapia necesita balanceado de engorde con una cantidad baja de proteína con un 24 % donde se puede complementar con alimento natural como tubérculos y frutas para el engorde (Erazo, 2012, p. 15).

En la Tabla 18 se puede observar las especificaciones nutricionales del balanceado comercial en las distintas presentaciones para cada etapa de producción de la tilapia.

Tabla 18. Especificaciones Nutricionales Balanceado Tilapia

Especificaciones	Proteína %	Humedad %	Grasa %	Fibra %	Cenizas %
Alevinaje S-500	50.0	12.0	8.0	3.0	9.0
Inicial T-380	38.0	12.0	8.0	4.0	9.0
Crecimiento T-320	32.0	12.0	7.0	5.0	9.0
Engorde I	28.0	12.0	6.0	6.0	10.0
Engorde II	24.0	12.0	5.0	7.0	10.0

Tomado de (GISIS, s.f.).

2. Materiales y Métodos

La explotación está ubicada en la parroquia de Pacto al Noroccidente del cantón Quito con una altitud: 550 msnm y temperatura promedio de 25 ± 2.43 °C (Ministerio del Ambiente, s.f.).

La hacienda “Gran Manantial” es una explotación piscícola dedicada a la producción de tilapia desde el año 2010. En la Figura 12, se visualiza el mapa vial de Mashpi, el cual indica la localización como principal referencia Quito pasando por todos los poblados hasta llegar al poblado de Mashpi donde se encuentra la explotación piscícola.



2.1. Materiales

2.1.1. Insumos

Los insumos son los principales recursos utilizados para la realización de esta investigación. Entre los más importantes para realizar la investigación se tiene la turba y el bifosfato de potasio que sirve para descender el pH del agua y por otro lado se usa las conchas de mar y el carbonato de calcio para incrementar el pH.

Tabla 19. Insumos utilizados en campo

Recursos	Unidad	Cantidad
Peces tilapia roja	U	18 000
Balanceado 45 % proteína	g	54 000
Turba	g	10
Carbonato de calcio	g	1440
Conchas de mar	g	12 000
Bifosfato de potasio (NaH_2PO_4)	g	30

2.1.2. Materiales y equipos

Los materiales y equipos como la balanza, termómetro, medidor de pH, flexómetro para medir la longitud de los peces, son utilizados para realizar las mediciones, de estos depende la exactitud de los resultados. Se usó también termocalentadores para incrementar la temperatura del agua, estos incluyen un termostato para regular y estandarizar la temperatura deseada.

Tabla 20. Materiales y equipos utilizados en campo.

Materiales y equipos	Unidad	Cantidad
Estanques de cemento	m^3	6
Balanza electrónica	U	1
Termómetro	U	1
Medidor de pH	U	1
Flexómetro	U	1
Paneles plásticos	m^3	36
Termocalentadores con termostato	U	6

2.1.2.1. Instrumentos

Los instrumentos sirven a registrar las mediciones, los avances y facilitan los cálculos matemáticos y sistémicos.

Tabla 21. Instrumentos utilizados en campo

Instrumentos	Unidad	Cantidad
Computadora	U	1
Libreta de registro	U	1

2.1.2.2. Herramientas

Las herramientas como los baldes y los guantes se utilizan para la manipulación de los peces para las mediciones.

Tabla 22. Herramientas utilizadas en campo

Recursos	Unidad	Cantidad
Red de pesca	U	1
Baldes plásticos	U	2
Guantes de caucho	Unidad/par	4

2.2. Métodos

Para el manejo de factores a diferentes niveles se manejó varios métodos entre ellos el uso de químicos, compuestos orgánicos, recursos naturales y equipos eléctricos para mantener los factores ambientales que se detallan en la tabla 18.

2.2.1. Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se tomó un diseño de Bloques Completamente al Azar con arreglo factorial de dos factores siendo estos pH y temperatura. Con tres niveles de pH y dos niveles de temperatura, se trabajó con unidades experimentales en grupos homogéneos en lo posible, cada grupo se llama bloque y los tratamientos son asignados a los bloques aleatoriamente.

Se realizaron tres repeticiones de seis tratamientos con un total de 18 estanques cada uno representa la unidad experimental y en cada estanque se colocaron 1 000 tilapias alevín en un sistema intensivo según el punto 1.2.5.4.

Se realizó 7 mediciones con $n=4$, una medición de tamaño y peso al iniciar la investigación y se evaluó cada 5 días los mismos parámetros.

El tiempo que duro la investigación de pH y temperatura en campo fue de 30 días.

Se utilizó la Prueba de Tukey al 5% para comparar las medias de los tratamientos.

2.2.1.1. Análisis estadístico

Esquema de Análisis de Varianza

Tabla 23. Diseño de bloques con arreglo factorial con tres tratamientos y tres repeticiones

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	Valor P
Total					
Error					
Temperatura					
pH					
Temperatura*pH					

2.2.1.2. Análisis funcional

Se compararon los tratamientos tanto testigo vs temperatura media - pH medio, temperatura alta – pH alto, de igual manera temperatura media - pH medio vs temperatura alta – pH alto. Ver tabla 24.

Factor 1: pH del agua con tres niveles

Se eligió como primer factor el pH del agua con tres niveles en el diseño experimental por varias razones entre ellas:

- En el punto 1.3.3. se detallan los valores de pH necesarios para el cultivo de tilapia. El rango se encuentra entre los 6,5 a 9,0 (Castillo, 2011, p. 46).
- En pH entre 7,1 a 7,5 se desarrolla mejor el fitoplancton y zooplancton disponible para la alimentación de los peces (Petracini, El acuarista).
- Existen pocas especies de peces que toleran pH altos entre estos el género *Oreochromis* puede llegar hasta un 11,0 (Petracini, 2012).

Se decidió utilizar tres niveles que son: primer nivel 6,9 como bajo (BA), este punto es el nivel más bajo que resiste la tilapia y coincide con el pH que presenta el agua de los estanques en el lugar de estudio.

El segundo nivel y valor medio (ME) de 7,8 que es el valor óptimo para el crecimiento de tilapia en etapa de engorde (Sumano, Mena, & Macias, 2002, p. 13).

El tercer nivel es el valor alto (AL) de 8,5, se elige este valor cercano a 9,0 que es el máximo para el crecimiento adecuado de la tilapia, puesto que a un pH alcalino la piel de la tilapia presenta un mucus el mismo que es necesario para la protección contra patógenos y mejora su locomoción (Prado, 2015).

Cabe recalcar que únicamente se utiliza técnicas para elevar el pH ya que la muestra de agua de la explotación donde se realiza la investigación es de 6,9 +/- 0,2 y está en el punto más bajo del rango óptimo de crecimiento de la tilapia (Castillo, 2011, p. 46).

Factor 2: Temperatura del agua con dos niveles

El factor temperatura es uno de los factores ambientales más importantes en el cultivo de tilapia. Tras un análisis de la posible problemática en la piscicultura “Gran Manantial” se encontró que la temperatura de agua estuvo en un punto

bajo de este cultivo 24°C, que comprende entre el rango de 22°C a 32°C detallado en el punto 1.3.1. (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 19).

La temperatura mínima en alevin es de 25°C, bajo de este punto el alevin tiende a inmunosuprimirse (NICOVITA, 2012). Si se incrementa considerablemente la temperatura, se incrementa la actividad metabólica, reduce la energía necesaria para el crecimiento (Mironova, 1976, p. 5).

En base a la bibliografía y los datos de la explotación en donde se realizó la investigación se decidió manejar la temperatura a dos niveles, el primer nivel de 24°C, ésta es la temperatura del agua de los estanques en donde se realizó la investigación y coincide con la temperatura mínima de crecimiento en la etapa de engorde (Arteaga, Hernandez, & Ramirez, 2012, p. 19).

Como segundo nivel se utilizó 26°C valor cerca del óptimo de temperatura para el crecimiento de la tilapia en la etapa de engorde (López & Cruz, 2011, p. 6). Se decidió utilizar dos niveles por el rango de temperatura de supervivencia de la tilapia que es de 22°C a 32°C siendo los niveles escogidos los dos extremos de éste rango. Se utilizó dos niveles por la alta variación de la temperatura por condiciones ambientales externas al microclima como pluviosidad y horas de sol.

Tratamientos a comparar

Tabla 24. Tratamientos a comparar de pH y temperatura

Código	Tratamiento	Denominación
BB	T_1	pH: 6,9 Temperatura agua: 24 °C
MB	T_2	pH: 7,8 Temperatura: 24 °C
AB	T_3	pH: 8,5 Temperatura: 24 °C
BA	T_4	pH: 6,9 Temperatura: 26 °C
MA	T_5	pH: 7,8 Temperatura: 26 °C
AA	T_6	pH: 8,5 Temperatura: 26 °C

2.2.2. Características de las unidades experimentales

Para la investigación se utilizaron diez mil ochocientos (18 000) tilapias en estado de alevín con una densidad de siembra de 334 peces/ m^3 a una edad de 30 días ya sembradas en los estanques por adaptación al nuevo medio.

El peso promedio inicial de los alevines al momento de la siembra es de 1g.

Se evaluó el 10% de cada tratamiento con un total de mil ochocientos (1 800) peces.

El tamaño promedio inicial de los alevines al momento de la siembra es de 3,6 cm.

El lugar donde se cultivaron los peces fue en estanques de cemento de 3m x 2m, el estanque tiene una altura de 0,5m con un volumen de 3 m^3 o capacidad de tres mil (3 000) litros de agua.

En la tabla 2 la etapa de alevín dura 30 días. La explotación Gran Manantial tiene un periodo de producción de 45 días el mismo que se busca reducir por lo que se tomó como referencia los 30 días como normalidad para la investigación (Poot, 2010).

El volumen total de cada tratamiento es de 9 m^3 o nueve mil (9 000) litros de agua.

2.2.3. Variables a medir

2.2.3.1. Tamaño

La medición de tamaño se realiza una al día 0 y cada cinco días hasta llegar al día 30 para evidenciar el crecimiento de cada bloque de unidades experimentales, con siete observaciones totales. La investigación se realizó con un total de 30 días.

La unidad de medida de tamaño son centímetros (cm) para mayor exactitud, ésta medición se hace en cortos periodos de 5 días utilizando un flexómetro el cual mide la longitud.

La medición se realiza a todas las unidades experimentales para obtener un promedio de cada bloque.

Se obtuvo una medida de tamaño y peso promedio de cada bloque acompañado de la limpieza de los estanques el mismo día para reducir el estrés cada 5 días.

Para obtener el promedio de la medida de las unidades experimentales de cada tratamiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Medida Promedio} = \frac{\text{Medición total de la observación(mm)}}{N^{\circ} \text{ Peces}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.2.3.2. **Peso**

El peso se toma junto con el tamaño cada 5 días para evidenciar el desarrollo del alevín.

Se tiene un total de 7 observaciones durante los 30 días.

La unidad de medida son los gramos (g) por exactitud en los resultados; se utiliza una balanza electrónica para evaluar el peso.

Se obtiene un valor de peso promedio de cada tratamiento el mismo que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Peso Promedio} = \frac{\text{Peso total de la observación (g)}}{N^{\circ} \text{ Peces}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

2.2.3.3. **Mortalidad**

Se registró diariamente durante los 30 días, contando el número de peces muertos en cada tratamiento, asimismo se cuenta el número de peces vivos al final de la investigación y se obtiene la mortalidad total.

Se obtuvo el porcentaje de sobrevivencia en base a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ Peces vivos}}{N^{\circ} \text{ Peces sembrados}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

2.2.4. **Métodos específicos de manejo del experimento**

2.2.4.1. **Preparación del área de ensayo e implementación de técnicas**

Se seleccionó el área de construcción de los estanques bajo el criterio de abastecimiento de agua, luminosidad, cercanía para cuidados y control como alimentación, electricidad para los equipos como calentadores y aireadores.

Se realizaron excavaciones de 50 cm de profundidad para la construcción de los mismos y mantener el espejo de agua al nivel del suelo.

La construcción se realizó con ladrillos con terminados de cemento o enlucido como se observa en la Figura 13.



Figura 13. Estanques de cemento para alevines de tilapia "Gran Manantial".

Para abastecer la entrada de agua para recambio se tomó agua de un riachuelo mediante un reservorio tipo represa como se observa en la Figura 14.



Figura 14. Foto represa de abastecimiento de agua para estanques.

Mediante manguera de dos pulgadas (2") se tomó el agua como caudal principal y se utilizó manguera de media pulgada (1/2") como caudal secundario para abastecimiento de cada estanque independientemente como se observa en la Figura 15.



Figura 15. Foto mangueras de abastecimiento de agua para estanques.

Se colocó un desagüe principal para que desfogue el agua excedente de recambio y un desagüe secundario de apoyo en días de mayor flujo de agua por lluvia, cada uno con malla con un haz de luz de 3mm de diámetro para evitar el paso de los peces. Esto en cada uno de los estanques como se observa en la Figura 16.



Figura 16. Foto Desagües para desfogue y recambio de agua

Se colocó mallas anti pájaros de polietileno con un tamaño de cuadro o haz de luz de 21mm x 21mm para proteger los peces de la depredación de cualquier animal como se observa en la Figura 17.

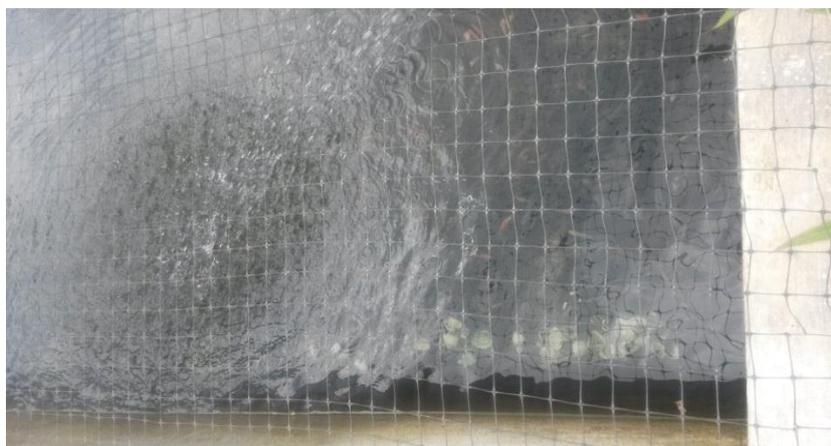


Figura 17. Foto malla anti pájaros de polietileno

Se utilizó un blower o aireador de agua con capacidad de 120 L/minuto de aire como se observa en la figura 18 dividido en 8 difusores, cada difusor colocado en un estanque, es decir cada estanque es aireado con 15 L/minuto.



Figura 18. Blower JAD para aireación de estanques de agua.

La limpieza de los estanques se realizó cada 5 días posterior a la medición de variables para generar un solo estrés por semana, para esto se utilizó escoba y el recambio de agua por evacuación manteniendo los peces con mallas para evitar fuga de estos con el propósito de eliminar residuos de alimento y desechos incluyendo mohos y demás elementos no deseados.

2.2.4.2. Recepción de peces

Los alevines fueron traídos de la zona de Nanegal, desde el Centro Piscícola Nanegal perteneciente al Consejo Provincial de Pichincha.

Los alevines de tilapia se recibieron en fundas plásticas con agua y oxígeno como empaque primario dentro de cartones como empaque secundario adecuados para su transporte.

Cada funda plástica contenía un lote de 500 peces y fueron colocadas dos fundas en cada estanque independiente o unidad experimental. Se obtuvo el

peso promedio de 1g y tamaño promedio de 3,6 cm al momento de la siembra. La medida se realizó con la muestra del 10% de peces.

Para la siembra se colocó las fundas sobre el agua durante 20 minutos para que la temperatura del agua de la funda se acondicione a la temperatura del agua del estanque (vease Figura 19), caso contrario se produce muerte por shock térmico o enfermedad de columnaris por el mal manejo en el transporte y cambios bruscos de temperatura (véase punto 1.2.4.2.1).



Figura 19. Siembra de alevines en los estanques

Se mantuvo observaciones durante los primeros dos días para observar cualquier anomalía.

2.2.4.3. Alimentación en experimento

Se dejó 12 horas a partir de la siembra para suministrar la primera ración de alimento para evitar problemas digestivos por estrés del transporte.

Se calculó la ración de alimento según la tabla 16 con el suministro del 10 por ciento de alimento de la biomasa correspondiente distribuido en 4 raciones por día, según el proveedor comercial Gisis (véase punto 1.4.1.1). El horario de alimentación fue a las 7H – 10H – 13H – 16H

2.2.4.4. Manejo temperatura en experimento

Para la elección de los métodos se utilizó un criterio de selección basado en la accesibilidad a los insumos y proveedores, de la misma manera se evaluó las ventajas y desventajas de los métodos para llegar a los factores deseados estandarizando el microclima para obtener resultados más confiables.

En la tabla 25 se observa los insumos y los equipos para el manejo de temperatura.

Tabla 25. Métodos de manejo de Temperatura

Manejo de factores	Métodos principal (constante)	Método secundario (corrector)
Aumento de temperatura	Paneles plásticos	Paneles plásticos Termocalentador de agua
Reducción de temperatura	Paneles plásticos con aislante térmico	Paneles plásticos con aislante térmico

Para el manejo de una temperatura alta de 26°C se utilizaron los paneles plásticos. En el día el plástico actúa como invernadero lo cual genera un microclima de alta temperatura y en la noche evita el intercambio de temperatura ambiental con la del agua (vesase figura 15).

Se utilizaron también dos termocalentadores por unidad experimental (UE) con termostato marca AQUAEL GOLD como método para mantener la temperatura del agua automáticamente. El termostato automático mide la temperatura y prende el calentador cuando el agua empieza a descender de 26°C.

Mediante varios ensayos durante el experimento se concluye que es necesario dejar una abertura de 3 m² a manera de franja rectangular en el panel plástico como se observa en la Figura 20 para que exista un intercambio gaseoso y a la vez la temperatura del agua se incremente hasta los 26°C. A mayor cobertura de plástico menor intercambio gaseoso.

Los paneles plásticos junto con el panel aislante térmico fueron eliminados de la investigación puesto que generaban alto error experimental, estos dependen de la intensidad lumínica y nubosidad que varían todos los días en la zona de experimentación.



Figura 20. Panel plástico para incremento de temperatura del agua en los estanques

El panel plástico se obtuvo con proveedor comercial ferretero "Kywi".

Los termocalentadores AQUAEL GOLD se obtuvieron con el proveedor "Mascota moda".

Como factor independiente del estudio se consideró el recambio de agua de 2,7 L/min para todos los estanques siendo este recambio el utilizado como estándar del experimento. Este es un caudal reducido a partir de las 5 pm, así se mantiene la temperatura durante la noche; la relación para descenso de temperatura es: a mayor recambio de agua menor temperatura del estanque.

El recambio de agua se realizó a partir de las 7 am hasta las 5 pm, teniendo un recambio diario del 54% suficiente para oxigenar el agua y mantener la temperatura constante.

Para el descenso de temperatura se utilizaron paneles con aislante térmico, este panel se utiliza en los estanques con los tratamientos de temperatura baja durante los días muy soleados.

2.2.4.5. Manejo de pH en experimento

El manejo de pH se realizó con insumos y proveedores comerciales, se evaluó ventajas y desventajas tomando en cuenta principalmente el impacto que generó al pez por la modificación del potencial hidrogeno (pH) del agua.

En la tabla 26 se observa los insumos y reactivos para el manejo de pH.

Tabla 26. Métodos de manejo de pH del agua.

Manejo de pH	Métodos principal (constante)	Método secundario (corrector)
Aumento de pH	Conchas de mar, piedras calcáreas	Carbonato de Calcio ($CaCO_3$)
Reducción de pH	Turba en filtro	Turba en solución Bifosfato ácido de potasio

Adaptado de Petracini, 2012.

El incremento de pH se realizó mediante la utilización de carbonatos como las conchas de mar, piedras calcáreas y carbonato de calcio. Como método principal, se utilizaron las conchas y piedras calcáreas que al contacto con el agua incrementa el pH. Como método secundario o corrector se utilizó el carbonato de calcio, este incrementa el pH del agua rápidamente, sin embargo se utilizó solo en casos de descenso de pH. El carbonato de calcio también ayuda a incrementar la dureza del agua con una relación directamente proporcional al pH.

En base a ensayos durante la experimentación en campo se determina que 1g de $CaCO_3$ incrementa 0.76 puntos de pH en 100 Litros de agua.

El agua de abastecimiento se encuentra en el punto más bajo o tratamiento testigo, en los tratamientos 2 y 5 se necesitó elevar 0,76 puntos de pH por lo que se utilizó 33g y en los tratamientos 3 y 6 se necesitó elevar 1,6 puntos de pH y se utilizó 63g por unidad experimental. La adición de carbonato de calcio

se la hizo seis veces cada que se efectua la limpieza de los estanques es decir los días 0, 5, 10, 15, 20, 25.

El carbonato de calcio ($CaCO_3$) se obtuvo directamente de la mina de cal “El Angel” en la provincia del Carchi.

La turba acida y las conchas de mar se obtuvieron mediante el proveedor comercial “Mascota Moda” ubicada dentro de la ciudad de Quito.

Es importante manejar el pH con mucho criterio y cuidado ya que un cambio brusco puede ocasionar la muerte total de la unidad experimental por tal razón no fue necesario utilizar la turba para reducir el pH ya que el agua de abastecimiento se encuentra en el punto bajo de pH= 6,9.

2.2.4.6. Medición de parámetros ambientales (pH y temperatura)

La temperatura inicial antes de implementar las técnicas y tecnología es de 24°C, con un pH de 6,9 obteniendo estos parámetros como testigo.

Adicionalmente se tomó la medida de oxigeno de 7 ppm, estando este parámetro sobre el óptimo para el cultivo de tilapia.

La medición de pH y temperatura se realizó dos veces al día durante la etapa de experimentación. La primera medición en la mañana a las 7 am previo al primer suministro de alimento y otra en la tarde a las 4 pm antes del último suministro de alimento del día. Cuando fue necesario se aplicó los métodos correctores para mantener los parámetros de acuerdo a los tratamientos designados.

2.2.4.7. Medición de las variables

Se utilizó una malla de pesca para la recolección de los alevines, se tomó una muestra al azar por cada tratamiento y repetición con n=4.

La medición de peso se realizó en gramos (g) con una balanza electrónica. El tamaño se registró en centímetros (cm) con cinta métrica rígida o flexómetro.

La mortalidad se evidencia por conteo unitario de los animales muertos por día y se coteja al final del experimento mediante un nuevo conteo, obteniendo la diferencia con el número de peces registrados al inicio del experimento.

Como se puede observar en la Figura 21, se realizó la medición de las variables cada 5 días para evitar ocasionar excesivo estrés y pérdida de peso, con un total de 7 mediciones en el mes incluidos el día cero.

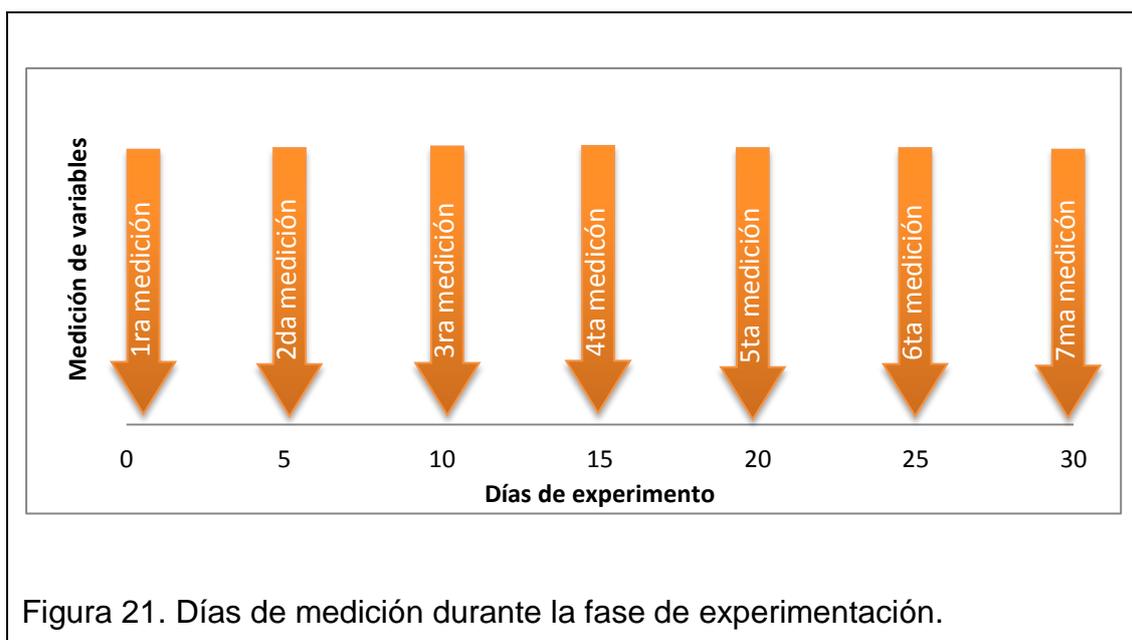


Figura 21. Días de medición durante la fase de experimentación.

2.2.4.8. Manejo General

Se determinaron los parámetros físicos y químicos (pH y temperatura) dos veces diariamente. Se verificó el correcto funcionamiento del abastecimiento del agua, desagües, malla protectora, paneles plásticos.

Los recambios de agua o abastecimiento de agua se los realizó de 7 am a 5 pm para promover la oxigenación. Se utilizaron pitones de manguera para regular la entrada de agua a 2.7 L/min. Se suspendió el agua en la noche para evitar el descenso de temperatura en los estanques y como método sustitutivo se usaron blowers (aireadores para oxigenar los estanques).

Se utilizó un blower aireador en de 5 pm a 7 am para todos los tratamientos, generando un microclima por el descenso de oxígeno durante las 13 horas de la noche.

Se controló diariamente la presencia de peces muertos. Se registró diariamente observaciones o anomalías del experimento. Se realizó la limpieza de los estanques cada cinco días al momento de la medición de variables para producir un solo estrés por semana para evitar la mortalidad y reducir factores externos al experimento como presencia de amonio.

3. Resultados y Discusión

Los resultados evaluados según las variables son las siguientes:

3.1. Variable de Tamaño

Para esta variable se resumió en la tabla 27 las seis evaluaciones de la investigación con sus cuadrados medios y la respectiva significancia dada por el valor $p < 0,05$.

Tabla 27. Resumen Anovas en periodos de cinco días; cuadrados medios y significancia para medir el incremento de tamaño por el efecto temperatura, pH.

F.V.	GL	CUADRADOS MEDIOS (Días)					
		5	10	15	20	25	30
Total	71						
Error	64	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,10
Repetición	2	0,17*	0,04*	0,09*	0,04*	0,12ns	0,51*
Temperatura	1	0,62*	0,35*	0,10*	2,24*	9,53*	24,62*
pH	2	0,07*	0,09*	0,03ns	0,33*	0,26*	0,80*
Temperatura*pH	2	0,20*	0,31*	0,01ns	0,06*	0,41*	0,34*
CV (%)		3,31	2,68	2,04	1,70	3,84	5,21

Nota: (*) Existe diferencia significativa (valor $p < 0,05$);

ns= no existe diferencia significativa

Como se puede observar en la tabla 27, mediante el valor $p < 0,05$ se obtuvo diferencia significativa para los factores pH, temperatura y su interacción en todas las observaciones durante la investigación excepto en el día 15 que no presenta diferencia significativa, existió un ruido debido a sedimentos en el agua de abastecimiento que alteró el pH y la temperatura.

Al existir significancia en el factor temperatura durante toda la investigación se presenta la tabla 28, mediante la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95% se obtuvo los rangos de significancia.

Tabla 28. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de longitud (cm) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para el factor temperatura evaluados en periodos de cinco días.

Temperatura ($^{\circ}C$)	Evaluación en Días					
	5	10	15	20	25	30
26	4,24 a	4,53 a	4,67 a	5,28 a	6,08 a	6,73 a
24	4,05 b	4,39 b	4,59 b	4,93 b	5,35 b	5,56 b
E.E.	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05

Con el análisis independiente se obtuvo que la temperatura de 26 $^{\circ}C$ presentó la mejor respuesta en crecimiento longitudinal del pez durante todas las observaciones en la investigación, esto concuerda con publicaciones de Mironova (1976, pp. 4-6) que dice que a mayor temperatura existe mejor metabolismo de los animales en condiciones adecuadas de oxígeno.

En la tabla 29, se presenta los rangos de significancia en los periodos donde existió diferencia significativa.

Tabla 29. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de longitud (cm) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para el factor pH evaluados en periodos de cinco días.

pH	Evaluación en Días				
	5	10	20	25	30
8.5	4,17 ab	4,53 a	5,18 a	5,66 b	6,19 a
7.8	4,18 a	4,43 b	5,15 a	5,83 a	6,30 a
6.9	4,08 b	4,41 b	4,97 b	5,65 b	5,94 b
E.E.	0,03	0,02	0,02	0,04	0,07

Al evaluar el pH mediante la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95% se encontró que el pH de 7,8 es el más óptimo entre los tres niveles excepto en la observación del día 10 donde existió un promedio de tamaño mayor en el pH 8,5. Se evidencia en campo que los estanques con pH medio 7,8 y alto 8,5 presentó una turbidez óptima dada por la presencia de plancton.

En la tabla 30, se resume los promedios de longitud con sus rangos de significancia de los periodos donde existió diferencia significativa

Tabla 30. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de longitud (cm) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para la interacción pH*temperatura evaluado en periodos de cinco días.

Tratamiento		Evaluación en Días				
		5	10	20	25	30
T_1	pH: 6.9 24 °C	4,08 b	4,49 ab	4,83 d	5,28 c	5,48 c
T_2	pH: 7.8 24 °C	4,00 b	4,25 c	4,93 cd	5,35 c	5,59 c
T_3	pH: 8.5 24 °C	4,07 b	4,42 b	5,02 bc	5,43 c	5,61 c
T_4	pH: 6.9 26 °C	4,08 b	4,38 bc	5,10 b	6,04 b	6,41 b
T_5	pH: 7.8 26 °C	4,36 a	4,57 a	5,38 a	6,32 a	7,00 a
T_6	pH: 8.5 26 °C	4,28 a	4,63 a	5,35 a	5,88 b	6,78 ab
E.E.		0,04	0,03	0,03	0,06	0,09

Se evaluó la interacción pH*Temperatura y se determinó que existe diferencia estadística entre todos los tratamientos excepto al día 15, teniendo el mejor promedio de tamaño en el tratamiento 5 de pH: 7,8 y 26°C.

Se deduce que el incremento de tamaño principalmente está dado por el factor temperatura de 26 °C a condiciones adecuadas de pH de 7,8 del tratamiento 5.

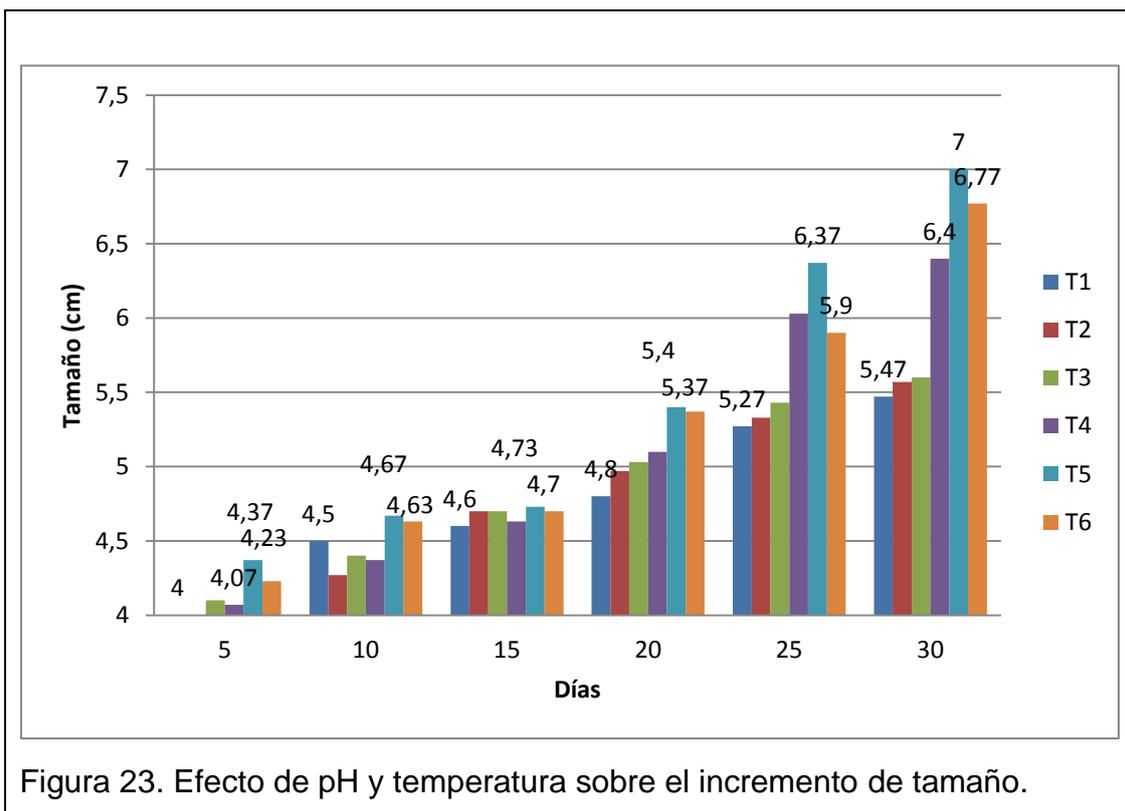


Figura 23. Efecto de pH y temperatura sobre el incremento de tamaño.

Como se observa en la figura 23, la tendencia de crecimiento en tamaño de los alevines de tilapia es acelerada a partir del día 20 donde el tratamiento 5 de 7,8 de pH y 26°C es el de mejor respuesta con un promedio final de 7cm y una diferencia de 1,53cm al tratamiento 1 o testigo.

El tratamiento 6 obtuvo la segunda mejor respuesta de incremento de tamaño con 6,78cm seguido por el tratamiento 4 con 6,4cm.

El pH es un factor preponderante en el mejoramiento de productividad, si se desea adaptar independientemente los factores a cualquier explotación el punto de 7,8 es el recomendable.

3.2. Variable Peso

Para esta variable se resumió en la tabla 31 las seis evaluaciones de la investigación con sus cuadrados medios y la respectiva significancia dada por el valor $p < 0,05$.

Tabla 31. Resumen Anovas en periodos de cinco días; cuadrados medios y significancia para medir el incremento de peso por el efecto temperatura, pH.

F.V.	GL	CUADRADOS MEDIOS (Días)					
		5	10	15	20	25	30
Total	71						
Error	64	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02
Repetición	2	0,13*	0,01ns	0,08*	9,1e-4ns	0,04ns	0,02ns
Temperatura	1	0,16*	0,06*	0,23*	0,20*	22,45*	14,49*
pH	2	0,02ns	0,01ns	2,1e-3ns	0,02*	0,83*	0,55*
Temperatura*pH	2	0,06ns	0,01ns	1,2e-3ns	0,0ns	0,50*	0,22*
CV (%)		7,65	2,68	4,64	3,50	5,59	4,23

Nota: (*) Existe diferencia significativa (valor $p < 0,05$);

ns= no existe diferencia significativa

Mediante el anova Tabla 31, se determinó que existe diferencia significativa en el factor temperatura durante todas las observaciones en la investigación, el pH tiene efecto (valor $p < 0,05$) en las observaciones del día 20, 25 y 30. Se obtuvo diferencia significativa en la interacción Temperatura*pH a los días 25 y 30.

En la siguiente Tabla 32, se presenta los promedios de peso con su rango de significancia, se evidenció diferencia significativa en el factor temperatura durante todas las observaciones evaluadas en la investigación.

Tabla 32. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de peso (g) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para el factor temperatura evaluados en periodos de cinco días.

Temperatura (°C)	Evaluación en Días					
	5	10	15	20	25	30
26	1,58 a	2,09 a	2,16 a	2,30 a	3,52 a	4,05 a
24	1,48 b	2,03 b	2,05 b	2,19 b	2,41 b	3,16 b
E.E.	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03

Se determinó que a mayor temperatura cerca del punto alto en el rango de supervivencia existirá mejor crecimiento. Se deduce que tanto el incremento de tamaño como de peso es debido principalmente a la temperatura.

En la siguiente Tabla 33, se muestran los promedios de peso con sus rangos de significancia, se observó que el pH durante las tres primeras observaciones 5, 10 y 15 no existió diferencia significativa por lo que no se realizó la prueba de Tukey en aquellas observaciones.

Tabla 33. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de peso (g) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para el factor pH evaluados en periodos de cinco días.

pH	Evaluación en Días		
	20	25	30
8.5	2,25 ab	3,05 a	3,68 a
7.8	2,28 a	3,09 a	3,70 a
6.9	2,22 b	2,75 b	3,43 b
E.E.	0,02	0,03	0,03

En los días 20, 25 al 30 existió un efecto del pH en el incremento de tamaño determinado por la diferencia significativa dado por el valor $p < 0,05$. Se encontró que el pH 7,8 y 8,5 está en el mismo rango de significancia con un mejor promedio el punto 7,8. Esto concuerda con investigaciones realizadas por (Castillo, 2011, p. 50), el mismo detalla que a mayor pH se genera turbidez

por la presencia de fitoplancton el mismo que es consumido por los peces ayudando al incremento de peso y tamaño.

Mediante un estudio se sabe que el pH en la mañana en aguas blandas se reduce dos puntos y en la tarde se incrementa dos puntos (Castillo, 2011); se manejó el pH 7,8 a la mitad del rango de sobrevivencia (6,0 -9,0), la metodología que se utilizó fue adicionar carbonato de calcio (CaCO_3 y conchas) el mismo eleva la dureza y mantiene la fluctuación reducida a un punto de pH dentro del rango antes mencionado. Esto genera mejor condición en relación a la temperatura.

En la Tabla 34, se presenta los resultados de los promedios y pruebas de Tukey con un intervalo de confianza de 95% el cual excluye las observaciones del día 5, 10, 15 y 20 al no existir diferencia estadística.

Tabla 34. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de peso (g) de los alevines de tilapia roja y rangos de significancia para la interacción pH*temperatura evaluado en periodos de cinco días.

Tratamiento		Evaluación en días	
		25	30
T_1	pH: 6.9 24 °C	2,33 c	3,10 c
T_2	pH: 7.8 24 °C	2,38 c	3,13 c
T_3	pH: 8.5 24 °C	2,50 c	3,23 c
T_4	pH: 6.9 26 °C	3,17 b	3,77 b

T_5	pH: 7.8 26 °C	3,79 a	4,53 a
T_6	pH: 8.5 26 °C	3,61 a	4,43 a
E.E.		0,06	0,09

Se analizó mediante la prueba de Tukey al 5% la interacción Temperatura*pH y existió diferencia significativa al día 25 y 30 donde comenzó a despuntar el peso, esto concuerda con la investigación realizada por (Erazo, 2012) lo cual indica que en las primeras cuatro etapas la tilapia crece en longitud y en las siguientes tres etapas es donde genera incremento de peso considerable.

Por estas razones el tratamiento 5 es el que mejor respuesta al incremento de peso y es evidente a partir del día 25 al 30.

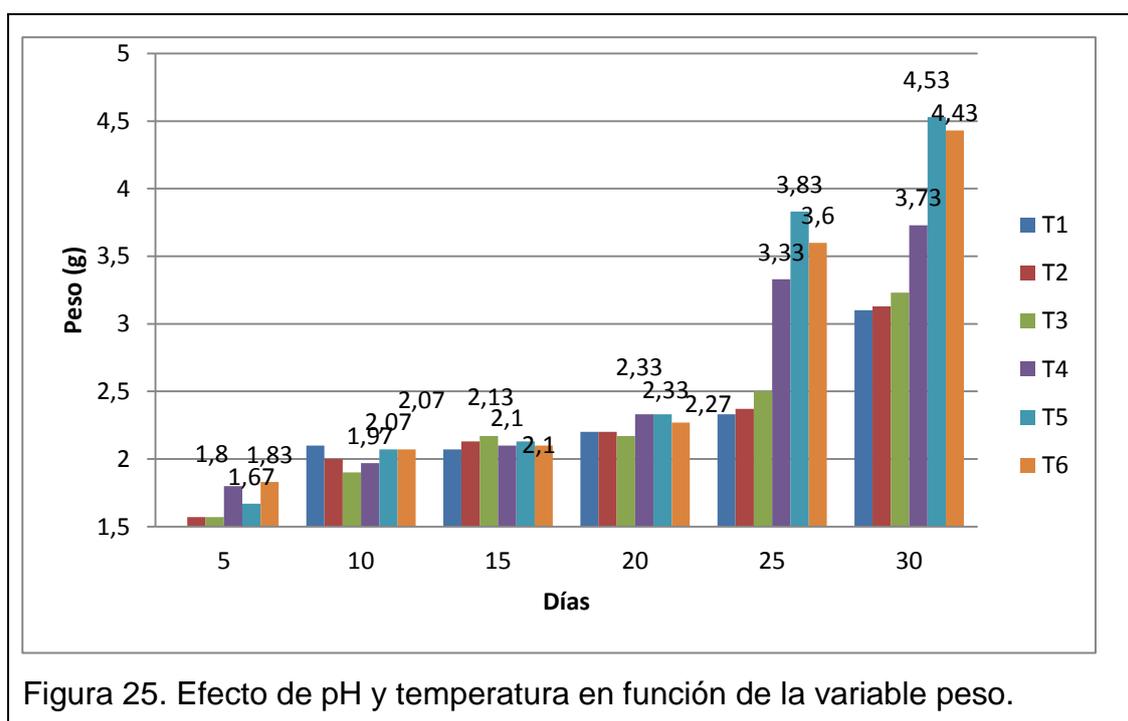


Figura 25. Efecto de pH y temperatura en función de la variable peso.

Como se observa en la Figura 25, el tratamiento 5 es el que tiene mejores promedios en las observaciones en comparación con los demás tratamientos. A partir del día 20 se puede observar que la diferencia estadística se incrementa separando los tres principales tratamientos con mejores resultados.

3.3. Variable Mortalidad

Para esta variable se resumió en la Tabla 35 las seis evaluaciones de la investigación con sus cuadrados medios y la respectiva significancia dada por el valor $p < 0,05$.

Tabla 35. Resumen Anovas en periodos de cinco días; cuadrados medios y significancia para evaluar la mortalidad por el efecto temperatura, pH.

F.V.	GL	CUADRADOS MEDIOS (Días)					
		5	10	15	20	25	30
Total	17						
Error	12	4,61	4,17	10,78	4,00	2,06	0,94
Temperatura	1	0,89 _{ns}	20,06*	4,50 _{ns}	1,39 _{ns}	20,06*	0,00 _{ns}
pH	2	7,39 _{ns}	36,72*	8,72 _{ns}	21,50*	28,39*	5,06 _{ns}
Temperatura*pH	2	4,39 _{ns}	92,72*	28,17 _{ns}	49,06*	10,06*	0,17 _{ns}
CV (%)		14,42	18,46	21,49	17,91	25,06	24,99

Nota: * Existe diferencia significativa (valor $p < 0,05$);

ns= no existe diferencia significativa

En el anova mortalidad, tabla 35, establece que existió diferencia significativa en el día 10 en el pH y la interacción Temperatura*pH.

En el día 15 no existió diferencia significativa, la mortalidad es ocasionada por la incidencia de patógenos presentes el en el día 10.

Al día 20 y 25 se presentó diferencia significativa dado por el valor $p < 0,05$ en el pH y la interacción Temperatura*pH.

En la siguiente tabla 36, se presenta los promedios y rangos de significancia en los días donde existió diferencia significativa al factor temperatura.

Tabla 36. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de alevines muertos y rangos de significancia para el factor temperatura evaluados en periodos de cinco días.

Temperatura ($^{\circ}C$)	Evaluación en Días	
	10	25
26	12,11 a	6,78 a
24	10,00 b	4,67 b
E.E.	1,66	0,48

Existe una diferencia significativa en la temperatura al día 10 con mayor incidencia en la temperatura de 26 ($^{\circ}C$), mediante las observaciones en campo se deduce que los alevines en sus primeras semanas son susceptibles a cambios de temperatura lo que genera estrés y enfermedad.

Al día 25 se presentó una diferencia estadística con mayor efecto en la temperatura de 26 ($^{\circ}C$), su incidencia está dada por la interacción con el pH.

En la Tabla 37 se presenta los promedios y rangos de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey de las fechas 10, 20, 25 y 30 donde existe diferencia significativa, esto evidenció que el pH es un factor con mayor incidencia en la mortalidad de los peces en la etapa de alevines.

Tabla 37. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios de alevines muertos y rangos de significancia para el factor pH evaluados en periodos de cinco días.

pH	Evaluación en Días			
	10	20	25	30
8.5	11,67 a	13,33 a	8,17 a	4,50 a
7.8	8,33 b	9,83 b	4,00 b	2,83 b
6.9	13,17 a	10,33 ab	5,00 b	4,33 a
E.E.	2,03	0,87	0,59	0,35

Existió diferencia estadística en el día 10, donde el pH 8,5 y 6,9 pertenecen al rango "a", esto indica que los niveles de pH extremo alto y extremo bajo ocasionan mayor estrés por ende mortalidad.

A partir del día 20, 25 y 30 existe un similar comportamiento en el pH 8,5 y 6,9 con mayor promedio de muertos en el extremo alto de pH 8,5.

En la siguiente Tabla 38 se presenta los promedios y rangos de significancia dados por la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95% en los días 10, 20, 25 y 30 donde existió diferencia significativa.

Tabla 38. Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$); Promedios alevines muertos y rangos de significancia para la interacción pH*temperatura evaluado en periodos de cinco días.

Tratamiento		Evaluación en Días			
		10	20	25	30
T_1	pH: 6.9 24 °C	18,30 a	12,67 ab	5,00 b	4,33 a
T_2	pH: 7.8 24 °C	9,00 bc	10,00 b	3,33 b	3,00 a
T_3	pH: 8.5 24 °C	9,00 bc	10,00 b	5,67 b	4,33 a
T_4	pH: 6.9 26 °C	8,00 c	8,00 b	5,00 b	4,33 a
T_5	pH: 7.8 26 °C	7,67 c	9,67 b	4,67 b	2,67 a
T_6	pH: 8.5 26 °C	14,3 ab	16,67 a	10,67 a	4,67 a
E.E.		2,87	1,22	0,83	0,49

Al día 5 no existe ninguna diferencia estadística, lo cual indica que los alevines durante los primeros días se aclimatan, sin presentar ninguna respuesta a los factores modificados.

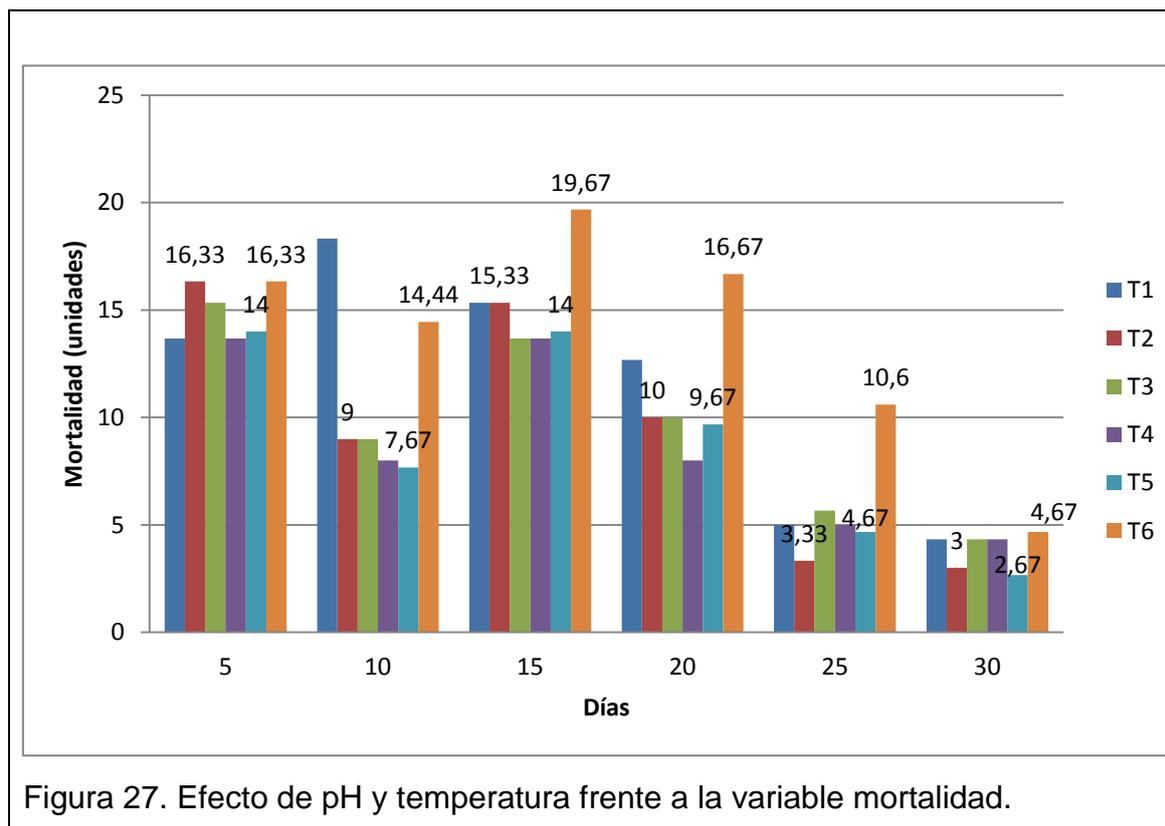
Para el día 10 se presentó una alta incidencia en pH y relación temperatura* pH dictado por el valor $p < 0,05$ donde existió mayor mortalidad en el tratamiento 1 con pH de 6,9 y temperatura de 24 °C. Los alevines muertos presentan pequeñas laceraciones en la piel junto con las aletas deshinchadas los mismos que son síntomas de columnaris, esto concuerda con la publicación de

(Conroy, 2009) la cual sostiene que la enfermedad columnaris es la principal causa de mortalidad en la primera etapa de vida de la tilapia y es ocasionada por el mal manejo de la temperatura al momento del transporte y el debilitamiento del sistema inmunológico a causa del estrés por malas condiciones de microclima, en este caso específico baja temperatura y pH ligeramente ácido.

Al día 20 se generó una diferencia significativa donde se observó que existe mayor incidencia en el tratamiento 6 que corresponde al pH de 8,5 y temperatura de 26 °C. Esto concuerda con los estudios realizados por (Castillo, 2011) donde sostiene que a temperatura y pH alto el amonio no ionizado se torna altamente tóxico, entre los efectos adversos que produce este gas se presencié deshilachamiento de las aletas, destrucción branquial, principales síntomas de la enfermedad columnaris la misma que produce alta mortalidad con la una tasa de 1,7 % del total los animales.

En el día 25 la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95% demuestra que el principal factor de mortalidad es la temperatura alta junto con un pH alto.

Al día 30 existió una diferencia significativa con una mínima deferencia entre promedios, la mortalidad se estabiliza con un promedio de 0,4 % con el mayor índice en el tratamiento 6 por efecto de amonio libre. A partir de esta edad los alevines generan mayor resistencia por tanto son menos susceptibles a enfermedades por bacterias y hongos así como alta resistencia a factores ambientales subóptimos.



Como se observa en la Figura 27, el mejor tratamiento en base a la variable mortalidad es el el tratamiento 5 con 0,1 % de diferencia. Se puede relacionar el tratamiento 5 como el mejor, mediante el análisis de relación de las tres variables que son tamaño, peso y mortalidad. Esto concuerda con la publicación de (Erazo, 2012) donde detalla que en etapa de alevinaje la tasa de mortalidad puede llegar a un 15%.

Se deduce que a mayor temperatura y pH cerca del neutro se genera mejor microclima lo que reduce la tasa de mortalidad.

Es evidente que el pH es importante en la variable mortalidad, de este factor depende la disponibilidad de agentes altamente tóxicos como el amonio no ionizado, así también la vulnerabilidad de los peces al ataque de agentes patógenos.

3.4. Análisis económico

Para realizar el análisis económico se utilizó el presupuesto parcial bajo la metodología de Perrin (1976, págs. 13-16), mediante la misma se calculó los beneficios netos importantes para elaborar una conclusión y recomendación de en base a la investigación realizada.

Para elaborar un presupuesto parcial se necesita saber los rendimientos medios de cada tratamiento al final del experimento, en este caso se elige la variable peso, por facilidad de cálculos la unidad es gramos/Unidad experimental. Se obtiene también el beneficio bruto en campo, mediante el cálculo de rendimiento medio por el precio de la tilapia en gramos.

El precio actual (Julio 2015) en campo es de \$5,50 los 1000g de tilapia viva, es decir \$0,0055 por gramo. A esto se le multiplicó el rendimiento medio y la cantidad de peces por unidad experimental (UE) que son 1000 restando el porcentaje de mortalidad obtenida en cada tratamiento.

Tabla 39. Presupuesto parcial utilizando la metodología de Perrin.

	T1 o Testigo	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento medio (g/UE)	3,10	3,13	3,23	3,77	4,53	4,43
Total UE restado el % mortalidad	(7,236%) 927,64	(5,699%) 943,01	(5,79%) 942,1	(5,267%) 947,33	(5,268%) 947,32	(8,22%) 917,73
Beneficio bruto en campo (\$/UE)	15,80	16,23	16,73	19,63	23,60	22,36
Costo que varían	0	0,43	0,59	5,24	5,67	5,83
Beneficios netos (\$/UE)	15,80	15,8	16,14	14,39	17,93	16,53

Como se puede observar en la Tabla 39, es importante realizar el cálculo de costos que varían de cada tratamiento, de esta manera se obtuvo el valor neto de aplicar la tecnología, insumos y trabajos adicionales que se detallan en la experimentación.

Tabla 40. Cálculo de costos que varían por tratamiento.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Termocalentador	0	0	0	4,16	4,16	4,16
Energía eléctrica	0	0	0	1,08	1,08	1,08
Aislante térmico	0	0	0	0	0	0
Panel plástico	0	0	0	0	0	0
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	0	0,18	0,34	0	0,18	0,34
Conchas	0	0,25	0,25	0	0,25	0,25
Turba	0	0	0	0	0	0
Total de costos que varían (\$/UE)	0	0,43	0,59	5,24	5,67	5,83

Nota: Los costos que varían se calculan en dólares por mes, éste el tiempo que dura el experimento.

Se utilizaron dos calentadores por unidad experimental con un costo de \$50, este valor se divide para 12 meses de vida útil para obtener el costo por mes del mismo.

La energía eléctrica en Ecuador tiene un costo de \$0,01 el Kw/hora (Abril, 2015). El termocalentador utiliza 0,3 Kw por hora, por la acción del termostato el calentador funciona la mitad del tiempo, es decir 12 horas al día durante los treinta días que dura la experimentación.

El precio por gramo de carbonato de calcio (CaCO₃) es de \$0,0009 (Abril, 2015). Los tratamientos 3 y 6 utilizaron 63g cada cinco días y en el día 0 de acondicionamiento que da un total de \$0,34 y los tratamientos 2 y 5 utilizaron 33g por cada cinco días y en el día 0 con un costo total de \$0,18. La turba fue eliminada de la experimentación.

Se añadió 1kg de conchas de mar en los tratamientos 2, 3, 5, 6 por UE con un valor de \$0,25/Kg.

Los paneles plásticos junto con el aislante térmico fueron eliminados de la investigación.

Como se puede observar en la Tabla 41, para calcular el análisis marginal es útil primero realizar un análisis de dominancia que permite descartar tratamientos que tienen menor importancia económica y de resultados productivos.

Tabla 41. Análisis de dominancia para descartar tratamientos.

Tratamientos	Total de costos que varían (\$/UE)	Beneficios netos (\$/UE)	Dominancia
T1	0	15,8	No Dominado
T2	0,43	15,8	Dominado
T3	0,59	16,14	No dominado
T4	5,24	14,39	Dominado
T5	5,67	17,93	No dominado
T6	5,83	16,53	Dominado

Nota: Los tratamientos no dominados son los tratamientos a realizar el análisis marginal puesto que estos son los optados como mejor resultado por un criterio de selección basado en el mejor beneficio neto con menor costo de implementación. De la misma manera se cataloga como tratamiento de descarte o dominado a él o los tratamientos cuyos beneficios netos son bajos, tienen costos que varían elevados.

Como se puede observar en la Figura 28, cuando es difícil descartar los tratamientos es útil realizar una curva de beneficios netos vs costos que varían, cada tratamiento está representado por un punto. Posteriormente se unen los puntos mediante una línea con una pendiente siempre positiva, los puntos que no son parte de la línea se considera tratamientos dominados.

Se estimó la tasa mínima de retorno del 25% tomando en cuenta el ciclo corto de producción de un mes, la accesibilidad a la nueva tecnología, entre los costos capital se presenta un bajo costo de implementación por lo que se considera hacer la inversión propia sin financiamiento e intereses. La mejor tasa de retorno marginal ayuda a formular una recomendación en base a costo-beneficio. No obstante los objetivos del productor, la evaluación de factores son importantes en la selección de tratamientos (Perrin, 1976, pág. 30).

Se obtuvo que la tasa de retorno marginal evaluado de optar pasar del tratamiento T1 a T3 es de 64% y de pasar del tratamiento T3 a T5 es de 34%. Esto quiere decir que al invertir \$1 en aplicar insumos en el tratamiento 3 para incremento de pH, se recupera el \$1 y existe una ganancia de \$0,64, de la misma manera de pasar del tratamiento 3 al 5 se obtiene una ganancia de \$0,34, cabe mencionar que los dos tratamientos están sobre la tasa mínima de retorno.

3.5. Resumen de resultados

3.5.1. Resultados variables: Tamaño, Peso, Mortalidad

En la siguiente tabla de resultados se detalla la ganancia de tamaño longitudinal, peso y el porcentaje de mortalidad obtenido al final de la investigación en los principales tratamientos escogidos mediante un análisis de dominancia con un criterio de relación: mayor tamaño, peso; menor mortalidad.

Tabla 42. Tabla de resumen de resultados por variables.

	Temperatura °C	pH	Tamaño (cm)	Peso (g)	Mortalidad (%)
T5	26	7.8	3,4	3,23	15,7
T6	26	8.5	3,2	3,13	24,7
T4	26	6.9	2,8	2,77	15,6

Como se puede observar en la Tabla 42, se obtuvo mejores resultados de peso, tamaño y mortalidad en los tratamientos con temperatura alta de 26 °C.

Como referencia el tamaño inicial promedio de los alevines es de 3,6 cm, se obtuvo un crecimiento de 3,4 cm/mes en el tratamiento 5, seguido de 3,2 cm/mes del tratamiento 6 y 2,8 cm/mes del tratamiento 4.

Al final del experimento el tratamiento 5 obtiene la mejor respuesta de peso seguido del tratamiento 6 y 4 respectivamente. El tratamiento 5 tiene una diferencia de 1,40g con respecto al tratamiento 1 o testigo.

El mejor tratamiento en base a la variable mortalidad es el tratamiento 4 con la tasa total más baja de 15,6% seguido por el tratamiento 5 con un 15,7%. Dado que en eficiencia de producción evaluado en variable peso y tamaño el tratamiento 5 corresponde como el mejor tratamiento sugerido.

3.5.2. Resultados análisis económico

En la siguiente tabla se presenta los tratamientos, rendimiento en peso, costos de implementación o costos que varían, beneficios netos por tratamiento y el análisis de dominancia dado por la tasa de retorno marginal (TRM).

Tabla 43. Tabla de resumen de resultado análisis económico.

	Temperatura °C	pH	Peso (g)	Mortalidad (%)	Costos que varían (\$/UE)	Benef. Netos (\$/UE)	TRM
T5	26	7.8	3,23	15,7	5,67	17,93	34%
T6	26	8.5	3,13	24,7	5,83	16,53	N/A
T4	26	6.9	2,77	15,6	5,24	14,39	N/A

El análisis económico descarta la posibilidad de recomendar el tratamiento 6 y 4 pese a que se obtiene buenos resultados en la relación peso, tamaño y

mortalidad, el principal motivo para el descarte de estos tratamientos es el análisis de dominancia que excluye estos por el alto costo de implementación versus beneficios netos en dólares.

4. Conclusiones

- El estudio permite concluir que: A mayor temperatura se genera un mejor microclima por tanto se eleva la productividad y se reduce la mortalidad. La interacción entre pH y temperatura es evidente a partir del día 25, esto quiere decir que el pH es un factor preponderante en el incremento de peso y tamaño mientras se mantenga cerca del neutro 7, pero si tiene un efecto negativo en la mortalidad cuando este se acerca a los extremos del rango de supervivencia.
- La aplicación de tecnología contribuyó a mejorar la productividad y sobrevivencia de la tilapia en la etapa de alevinaje, puesto que esta etapa es la de mayor atención por el alto porcentaje de mortalidad y tiempo de producción en la problemática a solucionar.
- Mediante el estudio realizado se obtuvo como mejor tratamiento 5 de pH 7,8 y temperatura 26 °C, en el cual se incluyeron calentadores para estabilizar el agua. En este punto se generaron las mejores respuestas en las variables medidas como son: tamaño, peso y mortalidad. Se determinó que la mortalidad es mínima cuando el pH se encuentra en el punto 7,8. Este pH no repercute de manera negativa con ningún factor ambiental.
- Así mismo la utilización de conchas genera dureza del agua por ende una menor fluctuación de pH para estandarizar al punto 7,8 +/- 0,2 junto con la aplicación de carbonato de calcio y turba que se utilizó para corregir este valor.
- Se concluyó mediante los análisis de varianza que el factor preponderante en el incremento de tamaño y peso es la temperatura pero necesita condiciones adecuadas de pH para que los demás factores como amonio, dureza, disponibilidad de oxígeno no se alteren y generen mortalidad. Al manejar las condiciones de microclima

apropiadas el crecimiento de la tilapia es acelerado reduciendo la mortalidad al 1% promedio.

- La mortalidad se disminuye en todos los tratamientos conforme pasan los días puesto que los peces se acondicionan al microclima y con el consumo de alimento fortalecen el sistema inmunológico. Los peces de mayor edad únicamente mueren por falta de condiciones ambientales adecuadas, en este caso a partir de los 25 días el alto pH y alta temperatura produce mayor disponibilidad de amonio tóxico ocasionando muertes considerables.
- Para manejar los factores ambientales de un microclima para la tilapia es importante incluir tecnología que nos permita cuantificar y medir dichos factores para conseguir los resultados deseados.
- Desde el punto de vista netamente económico tratamiento T3 es el más optado para recomendar al productor por la relación baja inversión en implementación del tratamiento y mejor rendimiento en beneficio neto. Sin embargo en un análisis con el productor se encontró que el principal objetivo es ganar peso y tamaño puesto que la investigación se centra únicamente en la primera etapa. La etapa se culmina cuando el alevín tiene el peso mínimo promedio de 4g y un tamaño promedio de 5,9cm, estos son los parámetros de clasificación para continuar con la siguiente etapa. Los rendimientos medios del tratamiento 3 son de 3,23g y del tratamiento 5 son de 4,53g; el resultado de tratamiento 5 demuestra tener una mejor respuesta para obtener el resultado deseado del productor incluso llegando al peso deseado en menos de un mes, lo que genera mayores ganancias en tiempo total de producción de carne.

5. Recomendaciones

- El manejo de los factores ambientales, en este caso temperatura y pH, es un determinante para generar mejor productividad y reducir el índice de mortalidad en tilapia en la etapa de alevinaje.
- Para el incremento de temperatura se debe estandarizar el recambio de agua a un mínimo recomendable para que exista oxigenación.
- Al momento de implementar calentadores en el agua se recomienda siempre adicionar carbonato de calcio puesto que el agua al calentarse reduce el pH y puede bajar a niveles críticos para la tilapia bajo los 6,9; se presenta una relación: a mayor temperatura menor pH.
- Se sugiere la utilización de paneles plásticos de polietileno para incrementar la temperatura dependiendo la ubicación geográfica siendo este más aconsejable usar en zonas con poca nubosidad caso contrario se genera un descenso de temperatura por la falta de contacto con los rayos solares.
- La aplicación de carbonatos en forma de (CaCO_3) Carbonato de calcio se debe realizar de manera indirecta ya sea con un tanque de distribución o mediante el apagado de la cal viva.
- Se recomienda también utilizar al mínimo el (bifosfato ácido) de potasio (KH_2PO_4), considerando que puede existir un descenso brusco de pH lo que ocasiona la muerte inmediata de los peces.
- Se recomienda generar cambios graduales en el microclima para evitar estrés y muerte de los peces. La alimentación en la etapa de alevinaje debe ser lo más exacta posible con el cálculo de la biomasa para evitar desechos por sobrealimentación lo cual repercute en el pH del agua. La manipulación directa se debe realizar de manera higiénica en lo posible el mismo día de lavado de estanques. El lavado de estanques debe realizarse con un máximo de cinco días en estanques de cemento o geomembrana.

REFERENCIAS

- Acuicultura Peru. (s.f.). *El estado mundial de pesca y acuicultura*. Recuperado el 12 de noviembre de 2014, de <http://acuiculturaperu.blogspot.com/>
- Alevinos del Valle. (s.f.). *Cultivo de tilapia*. Recuperado el 9 de Diciembre de 2014, de <http://alevinosdelvalle.es.tl/Enfermedades-Com%FAnes-Diseases-.htm>
- Arellano, M., & Guevara, L. (2012). Estudio de factibilidad para Distribuidora de Tilapia en Pichincha. Milagro, Guayas, Ecuador: UNEMI
- Arízaga, E. (2013). Biología General. *Introducción Biología General*, 6-10. Quito, Ecuador: UDLA.
- Arteaga, F., Hernandez, E., & Ramirez, S. (2012). *Diseño de un centro de acopio y el manual de BPM para el procesamiento de tilapia (Oreochromis niloticus) de cultivo acuicola*. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Bernal, M. (20 de septiembre de 2004). El síndrome de Taura. *Diario El Universo*, pp. 10
- Calderón, J. (2006). "Análisis de una traumática experiencia: el WSSV en el Ecuador". *El Mundo Acuicola*. Recuperado el 2013, de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- Camara Nacional de Acuicultura. (s.f.). *Informativo quincenal*. Recuperado el 24 de enero de 2015 de <http://www.cna-ecuador.com/comercio-exterior/estadisticas/tilapia>
- Castillo. (2011). *Tilapia Roja 2011*. Cali, Colombia: Ideal.
- Castillo, F. (2001). *Tilapia Roja*. Cali, Colombia: Ideal.
- Castillo, L. F. (1994). *Historia y genética del cultivo de tilapia roja*. Cali, Colombia: Ideal.
- Chong, P., & Zambrano, J. (2012). *Principales parámetros bióticos y abióticos que influyen en la sobrevivencia de la tilapia roja (Oreochromis spp)*. Manta, Ecuador: Escuela Politecnica del Ejercito
- Conroy, G. (2009). *Principales enfermedades bacterianas y parasitarias en tilapia*. Recuperado el 12 de julio de 2015, de <http://es.slideshare.net/guestbf1ae6/enfermedades-tilapias>
- Domínguez, A. (2013). *Biología y Geología del IES* .

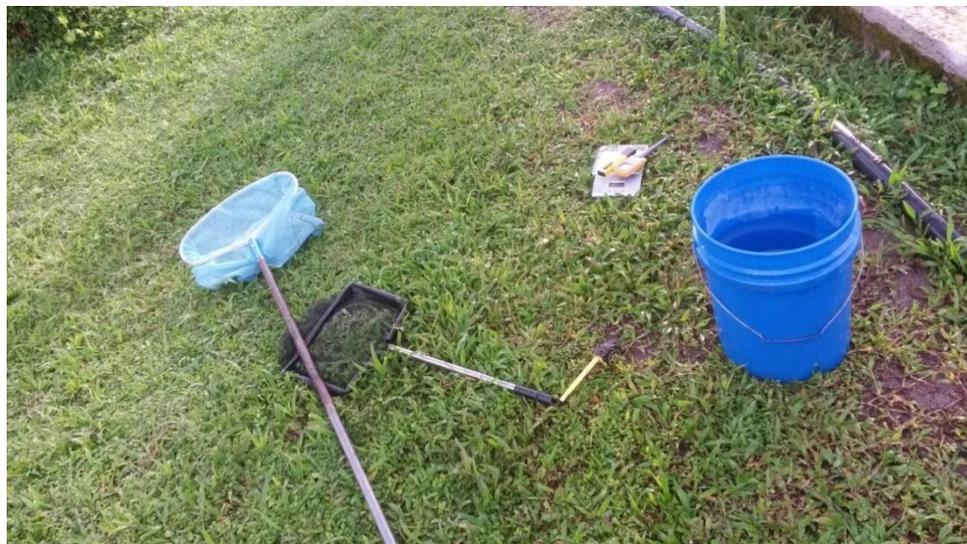
- Dreyer, S., & Rainer, K. (1996). *El libro del acuario*. Madrid: Omega.
- Erazo, H. (2012). *Manual de crianza de tilapia*. Quito, Ecuador.
- Erazo, H. (10 de abril de 2015). Manejo de Factores ambientales. (J. Calderón, Entrevistador)
- FAO. (2012). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Recuperado el 30 de agosto de 2015, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es
- Fundación Produce Veracruz. (s.f.). Manual producción de tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad. Recuperado el 20 de octubre de 2014, de http://www.funprover.org/agroentorno/agro_jun012/tecpainovarproceso_sproductmanejomojarra.pdf
- Gallin, M. (2008). *Tecnología en producción de alevines de tilapia*. Guayaquil, Ecuador: Politecnica.
- Garcés, R. (2001). *Supervivencia de dos líneas de tilapia protegida con malla antipajaros*. Recuperado el 28 de abril de 2015 de <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1449/1/T1310.pdf>
- GISIS. (s.f.). *Programa de alimentos de Tilapia*. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de <http://www.gisis.com.ec/alimentos-para-tilapia-mejora-el-crecimiento-gisis-s-a/>
- INEN. (s.f.). *Pescado refrigerado y congelado*. Recuperado el 14 de junio de 2015 de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0183.1975.pdf>
- Instituto de promoción de exportaciones e inversiones. (2014). *Ministerio de comercio exterior*. Recuperado el 10 de Julio de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/2012/04/28/el-movimiento-de-tendencias-saludables-en-alimentos-y-bebidas/>
- López, B., & Cruz, L. (2011). *Elaboración de un probiotico a base de microorganismos*. Santo Domingo, Ecuador: Politecnica del Ejercito
- Marcillo, E., & Landivar, J. (2008). *Tecnología de Producción de Alevines Monosexo de Tilapia*. Guayaquil: Facultad de Ingeniería y Ciencias del Mar, Espol.
- Mariscal, C. (2006). *Curso Básico de Pesca*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL - FIMCM.

- Ministerio del ambiente. (s.f.). *Bosque protector Mashpi*. Pichincha, Ecuador. Recuperado el 10 de febrero de 2015 de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/0a25939f0e837ca763f4ed23003962b341a1ed71.pdf>
- Mironova, N. (1976). Changes in the energy balance of *Tilapia mossambica* in relation to temperature and ration size. South Africa: The fisheries society of British isles.
- Mora, V., Ayaguari, M., & Osorio, V. (2004). *Situación actual de la tilapia en el Ecuador*. Recuperado el 12 de octubre de 2014 de https://www.researchgate.net/publication/28792785_Situacion_Actual_De_Las_Especies_Introducidas_En_El_Ecuador_Con_Fines_Acuicolas
- NICOVITA. (2012). *Manual de crianza de Tilapia*. Recuperado el 14 de junio de 2015, de <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>
- NormaMexicana. (2010). Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Mexico, Mexico.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura . (2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 16 de Mayo de 2014, de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es
- Ovchynnyk, M. (1971). *Peces de Agua Dulce del Ecuador*. Quito. Departamento de piscicultura.
- Panorama Acuícola. (s.f.). *El mapa de la tilapicultura y los principales movimientos de producción global*. Recuperado el 12 de marzo de 2015 de http://www.panoramaacuicola.com/columnas/2011/06/30/el_fenomenal_mundo_de_las_tilapias/2014/07/31/capitulo_18_el_mapa_de_la_tilapicultura_y_los_principales_movimientos_de_la_produccion_global.html
- Perrin, R. (1976). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agrónomos*. Mexico DF: CIMMYT.
- Petracini, R. (2012). Manejo de factores ambientales en la pecera. Recuperado el 1 de diciembre de 2014, de <http://www.elacuarista.com/secciones/pH.htm>

- Petracini, R. (2012). *El acuarista*. Recuperado el 2 de diciembre de 2014, de <http://www.elacuarista.com/secciones/filtrado2.htm>
- Ponce, J. (2010). Características y perspectivas del cultivo de la tilapia., (págs. 10-12). Mexico.
- Poot, C. (2010). *Bioteología para el cultivo de tilapia*. Recuperado el 2 de febrero de 2015 de <http://es.scribd.com/doc/65126548/ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia#scribd>.
- Prado, L. (2015). *Piel de pescado*. Recuperado el 29 de mayo de 2015, de http://www.cueronet.com/exoticas/pescado_artesanal.htm
- Pruginin, Y. (1989). *All male broods of tilapia hybrids*. Mexico.
- Rodriguez, C. (2010). *Generalidades y razas de peces*. Recuperado el 23 de agosto de 2015, de <http://es.slideshare.net/pipe69/generalidades-y-razas-de-peces>
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Managua, Nicaragua: University of Hawai
- Sumano, H., Mena, A., & Macias, R. (2002). *Efecto de salinidad y pH en el crecimiento de la tilapia*. Colima, Mexico: Universidad de Colima
- Wohlfarth, G., & Rothbard, S. (1990). *Inheritance of red body coloration in taiwanse tilapias*. Aquaculture.

ANEXOS

Anexo 1. Materiales y Métodos



- a. Instrumentos y equipos: red de pesca, termómetro, balanza, medidor de pH, flexómetro, balde.



- b. Siembra de alevines en los estanques de cemento.



a. Muestreo de peso por unidad.



b. Muestreo de tamaño por unidad.



c. Alevines de tilapia roja.



d. Termocalentador AQUAEL GOLD.

Anexo 2. Anovas (Infostat)

Tamaño:

Día 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño	72	0,56	0,51	3,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,51	7	0,22	11,49	<0,0001
Repeticion	0,33	2	0,17	8,87	0,0004
Temperatura	0,62	1	0,62	33,14	<0,0001
pH	0,15	2	0,07	3,93	0,0246
Temperatura*pH	0,41	2	0,20	10,84	0,0001
Error	1,20	64	0,02		
Total	2,72	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06458
 Error: 0,0188 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	4,24	36	0,02 A
Bajo= 24°C	4,05	36	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09500
 Error: 0,0188 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	4,18	24	0,03 A
Alto= 8.5	4,17	24	0,03 A B
Bajo=6.9	4,08	24	0,03 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16449
 Error: 0,0188 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	4,36	12	0,04 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	4,28	12	0,04 A
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	4,08	12	0,04 B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	4,08	12	0,04 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	4,07	12	0,04 B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	4,00	12	0,04 B

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

Día 10

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,23	7	0,18	12,30	<0,0001
Repeticion	0,08	2	0,04	2,82	0,0671
Temperatura	0,35	1	0,35	24,38	<0,0001
pH	0,18	2	0,09	6,36	0,0030
Temperatura*pH	0,62	2	0,31	21,69	<0,0001
Error	0,91	64	0,01		
Total	2,14	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05619
 Error: 0,0142 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	4,53	36	0,02 A
Bajo= 24°C	4,39	36	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08266
 Error: 0,0142 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	4,53	24	0,02 A
Bajo=6.9	4,43	24	0,02 B
Medio= 7.8	4,41	24	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14312
 Error: 0,0142 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Alto= 8.5	4,63	12	0,03 A
Alto= 26°C	Medio= 7.8	4,57	12	0,03 A
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	4,49	12	0,03 A B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	4,42	12	0,03 B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	4,38	12	0,03 B C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	4,25	12	0,03 C

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

Día 15

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño	72	0,38	0,31	2,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,35	7	0,05	5,54	0,0001
Repeticion	0,18	2	0,09	9,92	0,0002
Temperatura	0,10	1	0,10	11,36	0,0013
pH	0,05	2	0,03	3,05	0,0541
Temperatura*pH	0,01	2	0,01	0,75	0,4775
Error	0,57	64	0,01		
Total	0,92	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04446
Error: 0,0089 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	4,67	36	0,02 A
Bajo= 24°C	4,59	36	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06540
Error: 0,0089 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	4,66	24	0,02 A
Alto= 8.5	4,64	24	0,02 A B
Bajo=6.9	4,60	24	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11324
Error: 0,0089 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	4,72	12	0,03 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	4,68	12	0,03 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	4,62	12	0,03 A B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	4,61	12	0,03 A B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	4,60	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	4,58	12	0,03 B

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

Día 20

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño	72	0,87	0,85	1,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,09	7	0,44	58,78	<0,0001
Repeticion	0,07	2	0,04	4,79	0,0115
Temperatura	2,24	1	2,24	298,34	<0,0001
pH	0,66	2	0,33	44,19	<0,0001
Temperatura*pH	0,11	2	0,06	7,57	0,0011
Error	0,48	64	0,01		
Total	3,57	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04080
Error: 0,0075 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	5,28	36	0,01 A
Bajo= 24°C	4,93	36	0,01 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06002
Error: 0,0075 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	5,18	24	0,02 A
Medio= 7.8	5,15	24	0,02 A
Bajo=6.9	4,97	24	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10393
Error: 0,0075 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	5,38	12	0,03 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	5,35	12	0,03 A
Alto= 26°C	Bajo=6.9	5,10	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	5,02	12	0,03 B C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	4,93	12	0,03 C D
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	4,83	12	0,03 D

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

Día 25

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño	72	0,78	0,76	3,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	11,10	7	1,59	32,94	<0,0001	
Repeticion	0,24	2	0,12	2,50	0,0898	
Temperatura	9,53	1	9,53	197,96	<0,0001	
pH	0,51	2	0,26	5,34	0,0072	
Temperatura*pH	0,81	2	0,41	8,46	0,0006	
Error	3,08	64	0,05			
Total	14,19	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10333
 Error: 0,0482 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	6,08	36	0,04 A
Bajo= 24°C	5,35	36	0,04 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15201
 Error: 0,0482 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	5,83	24	0,04 A
Bajo=6.9	5,66	24	0,04 B
Alto= 8.5	5,65	24	0,04 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26320
 Error: 0,0482 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	6,32	12	0,06 A
Alto= 26°C	Bajo=6.9	6,04	12	0,06 B
Alto= 26°C	Alto= 8.5	5,88	12	0,06 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	5,43	12	0,06 C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	5,35	12	0,06 C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	5,28	12	0,06 C

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

Día 30

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Tamaño	72	0,81	0,79	5,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	27,91	7	3,99	38,99	<0,0001	
Repeticion	1,03	2	0,51	5,02	0,0094	
Temperatura	24,62	1	24,62	240,69	<0,0001	
pH	1,59	2	0,80	7,77	0,0009	
Temperatura*pH	0,68	2	0,34	3,31	0,0429	
Error	6,55	64	0,10			
Total	34,46	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15059
 Error: 0,1023 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	6,73	36	0,05 A
Bajo= 24°C	5,56	36	0,05 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22151
 Error: 0,1023 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	6,30	24	0,07 A
Alto= 8.5	6,19	24	0,07 A
Bajo=6.9	5,94	24	0,07 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38356
 Error: 0,1023 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	7,00	12	0,09 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	6,78	12	0,09 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	6,41	12	0,09 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	5,61	12	0,09 C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	5,59	12	0,09 C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	5,48	12	0,09 C

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

ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA ANAVA

Peso

Día 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,38	0,31	7,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,54	7	0,08	5,60	<0,0001
Repeticion	0,27	2	0,13	9,81	0,0002
Temperatura	0,16	1	0,16	11,72	0,0011
pH	0,04	2	0,02	1,29	0,2828
Temperatura*pH	0,07	2	0,04	2,63	0,0801
Error	0,88	64	0,01		
Total	1,41	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05510
Error: 0,0137 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	1,58	36	0,02 A
Bajo= 24°C	1,48	36	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,08105
Error: 0,0137 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	1,56	24	0,02 A
Alto= 8.5	1,53	24	0,02 A
Bajo=6.9	1,50	24	0,02 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14035
Error: 0,0137 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	1,65	12	0,03 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	1,55	12	0,03 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	1,53	12	0,03 A B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	1,51	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	1,48	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	1,47	12	0,03 B

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

Día 10

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,32	0,25	2,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,11	7	0,02	4,32	0,0006
Repeticion	0,02	2	0,01	2,27	0,1117
Temperatura	0,06	1	0,06	17,55	0,0001
pH	0,02	2	0,01	2,51	0,0895
Temperatura*pH	0,01	2	0,01	1,55	0,2196
Error	0,22	64	3,5E-03		
Total	0,33	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02782
Error: 0,0035 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	2,09	36	0,01 A
Bajo= 24°C	2,03	36	0,01 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04092
Error: 0,0035 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	2,08	24	0,01 A
Alto= 8.5	2,06	24	0,01 A
Bajo=6.9	2,05	24	0,01 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07085
Error: 0,0035 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	2,13	12	0,02 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	2,09	12	0,02 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	2,06	12	0,02 A B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	2,04	12	0,02 B
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	2,03	12	0,02 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	2,03	12	0,02 B

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

Día 15

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,39	0,33	4,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	0,39	7	0,06	5,89	<0,0001	
Repetición	0,15	2	0,08	7,94	0,0008	
Temperatura	0,23	1	0,23	24,41	<0,0001	
pH	0,01	2	2,6E-03	0,28	0,7598	
Temperatura*pH	3,6E-03	2	1,8E-03	0,19	0,8285	
Error	0,61	64	0,01			
Total	1,01	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04605
 Error: 0,0096 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	2,16	36	0,02 A
Bajo= 24°C	2,05	36	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,06775
 Error: 0,0096 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	2,12	24	0,02 A
Alto= 8.5	2,11	24	0,02 A
Bajo=6.9	2,10	24	0,02 A

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11730
 Error: 0,0096 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	2,18	12	0,03 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	2,16	12	0,03 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	2,15	12	0,03 A B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	2,06	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	2,05	12	0,03 B
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	2,04	12	0,03 B

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

Día 20

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,40	0,33	3,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	0,26	7	0,04	6,07	<0,0001	
Repetición	1,9E-03	2	9,7E-04	0,16	0,8551	
Temperatura	0,20	1	0,20	32,38	<0,0001	
pH	0,05	2	0,02	3,79	0,0278	
Temperatura*pH	0,01	2	0,01	1,10	0,3395	
Error	0,40	64	0,01			
Total	0,66	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03706
 Error: 0,0062 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	2,30	36	0,01 A
Bajo= 24°C	2,19	36	0,01 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05451
 Error: 0,0062 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	2,28	24	0,02 A
Alto= 8.5	2,25	24	0,02 A B
Bajo=6.9	2,22	24	0,02 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09439
 Error: 0,0062 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	2,35	12	0,02 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	2,28	12	0,02 A B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	2,27	12	0,02 A B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	2,21	12	0,02 B C
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	2,21	12	0,02 B C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	2,17	12	0,02 C

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

Día 25

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,93	0,93	5,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	25,17	7	3,60	131,02	<0,0001	
Repetición	0,07	2	0,04	1,31	0,2768	
Temperatura	22,45	1	22,45	817,86	<0,0001	
pH	1,66	2	0,83	30,25	<0,0001	
Temperatura*pH	0,99	2	0,50	18,08	<0,0001	
Error	1,76	64	0,03			
Total	26,93	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07800
Error: 0,0274 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	3,52	36	0,03 A
Bajo= 24°C	2,41	36	0,03 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,11475
Error: 0,0274 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	3,09	24	0,03 A
Alto= 8.5	3,05	24	0,03 A
Bajo=6.9	2,75	24	0,03 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19869
Error: 0,0274 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	3,79	12	0,05 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	3,61	12	0,05 A
Alto= 26°C	Bajo=6.9	3,17	12	0,05 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	2,50	12	0,05 C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	2,38	12	0,05 C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	2,33	12	0,05 C

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

Día 30

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso	72	0,92	0,91	4,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	16,06	7	2,29	98,66	<0,0001	
Repetición	0,03	2	0,02	0,66	0,5188	
Temperatura	14,49	1	14,49	623,09	<0,0001	
pH	1,11	2	0,55	23,78	<0,0001	
Temperatura*pH	0,43	2	0,22	9,32	0,0003	
Error	1,49	64	0,02			
Total	17,55	71				

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07181
Error: 0,0233 gl: 64

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	4,05	36	0,03 A
Bajo= 24°C	3,16	36	0,03 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10563
Error: 0,0233 gl: 64

pH	Medias	n	E.E.
Medio= 7.8	3,70	24	0,03 A
Alto= 8.5	3,68	24	0,03 A
Bajo=6.9	3,43	24	0,03 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,18290
Error: 0,0233 gl: 64

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Medio= 7.8	4,23	12	0,04 A
Alto= 26°C	Alto= 8.5	4,15	12	0,04 A
Alto= 26°C	Bajo=6.9	3,78	12	0,04 B
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	3,22	12	0,04 C
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	3,17	12	0,04 C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	3,08	12	0,04 C

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

Mortalidad

Día 5

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,31	0,02	14,42

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24,44	5	4,89	1,06	0,4284
Temperatura	0,89	1	0,89	0,19	0,6684
pH	14,78	2	7,39	1,60	0,2417
Temperatura*pH	8,78	2	4,39	0,95	0,4134
Error	55,33	12	4,61		
Total	79,78	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,20555
Error: 4,6111 gl: 12

Medias	n	E.E.
Bajo= 24°C	15,11	9 0,72 A
Alto= 26°C	14,67	9 0,72 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,30755
Error: 4,6111 gl: 12

Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	15,83	6 0,88 A
Medio= 7.8	15,17	6 0,88 A
Bajo= 6.9	13,67	6 0,88 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,88921
Error: 4,6111 gl: 12

Medias	n	E.E.
Bajo= 24°C Medio= 7.8	16,33	3 1,24 A
Alto= 26°C Alto= 8.5	16,33	3 1,24 A
Bajo= 24°C Alto= 8.5	15,33	3 1,24 A
Alto= 26°C Medio= 7.8	14,00	3 1,24 A
Alto= 26°C Bajo= 6.9	13,67	3 1,24 A
Bajo= 24°C Bajo= 6.9	13,67	3 1,24 A

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

Día 10

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,26	0,00	32,78

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	101,83	5	20,37	0,82	0,5561
Temperatura	9,39	1	9,39	0,38	0,5492
pH	14,33	2	7,17	0,29	0,7534
Temperatura*pH	78,11	2	39,06	1,58	0,2460
Error	296,67	12	24,72		
Total	398,50	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,10690
Error: 24,7222 gl: 12

Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	15,89	9 1,66 A
Bajo= 24°C	14,44	9 1,66 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,65855
Error: 24,7222 gl: 12

Medias	n	E.E.
Bajo= 6.9	16,17	6 2,03 A
Alto= 8.5	15,33	6 2,03 A
Medio= 7.8	14,00	6 2,03 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=13,63634
Error: 24,7222 gl: 12/

Medias	n	E.E.
Bajo= 24°C Bajo= 6.9	18,33	3 2,87 A
Alto= 26°C Alto= 8.5	17,00	3 2,87 A
Alto= 26°C Medio= 7.8	16,67	3 2,87 A
Alto= 26°C Bajo= 6.9	14,00	3 2,87 A
Bajo= 24°C Alto= 8.5	13,67	3 2,87 A
Bajo= 24°C Medio= 7.8	11,33	3 2,87 A

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

Día 15

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,38	0,12	21,49

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	78,28	5	15,66	1,45	0,2754
Temperatura	4,50	1	4,50	0,42	0,5303
pH	17,44	2	8,72	0,81	0,4681
Temperatura*pH	56,33	2	28,17	2,61	0,1143
Error	129,33	12	10,78		
Total	207,61	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,37193
 Error: 10,7778 gl: 12

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	15,78	9	1,09 A
Bajo= 24°C	14,78	9	1,09 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,05670
 Error: 10,7778 gl: 12

pH	Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	16,67	6	1,34 A
Medio= 7.8	14,67	6	1,34 A
Bajo=6.9	14,50	6	1,34 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,00365
 Error: 10,7778 gl: 12

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Alto= 8.5	19,67	3	1,90 A
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	15,33	3	1,90 A
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	15,33	3	1,90 A
Alto= 26°C	Medio= 7.8	14,00	3	1,90 A
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	13,67	3	1,90 A
Alto= 26°C	Bajo=6.9	13,67	3	1,90 A

Día 20

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,72	0,60	17,20

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	138,00	5	27,60	6,13	0,0048
Temperatura	5,56	1	5,56	1,23	0,2883
pH	36,00	2	18,00	4,00	0,0467
Temperatura*pH	96,44	2	48,22	10,72	0,0021
Error	54,00	12	4,50		
Total	192,00	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,17881
 Error: 4,5000 gl: 12

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	12,89	9	0,71 A
Bajo= 24°C	11,78	9	0,71 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,26745
 Error: 4,5000 gl: 12

pH	Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	13,33	6	0,87 A
Medio= 7.8	13,33	6	0,87 A
Bajo=6.9	10,33	6	0,87 A

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

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,81782
 Error: 4,5000 gl: 12

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Alto= 8.5	16,67	3	1,22 A
Alto= 26°C	Medio= 7.8	14,00	3	1,22 A B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	12,67	3	1,22 A B C
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	12,67	3	1,22 A B C
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	10,00	3	1,22 B C
Alto= 26°C	Bajo=6.9	8,00	3	1,22 C

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

Día 25

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,80	0,71	25,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	96,94	5	19,39	9,43	0,0008
Temperatura	20,06	1	20,06	9,76	0,0088
pH	56,78	2	28,39	13,81	0,0008
Temperatura*pH	20,11	2	10,06	4,89	0,0279
Error	24,67	12	2,06		
Total	121,61	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,47258
Error: 2,0556 gl: 12

Temperatura	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	6,78	9	0,48 A
Bajo= 24°C	4,67	9	0,48 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,20835
Error: 2,0556 gl: 12

pH	Medias	n	E.E.
Alto= 8.5	8,17	6	0,59 A
Bajo=6.9	5,00	6	0,59 B
Medio= 7.8	4,00	6	0,59 B

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

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,93205
Error: 2,0556 gl: 12

Temperatura	pH	Medias	n	E.E.
Alto= 26°C	Alto= 8.5	10,67	3	0,83 A
Bajo= 24°C	Alto= 8.5	5,67	3	0,83 B
Bajo= 24°C	Bajo=6.9	5,00	3	0,83 B
Alto= 26°C	Bajo=6.9	5,00	3	0,83 B
Alto= 26°C	Medio= 7.8	4,67	3	0,83 B
Bajo= 24°C	Medio= 7.8	3,33	3	0,83 B

Día 30

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mortalidad	18	0,61	0,44	21,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,33	5	2,67	3,69	0,0296
Temperatura	0,22	1	0,22	0,31	0,5893
pH	12,33	2	6,17	8,54	0,0049
Temperatura*pH	0,78	2	0,39	0,54	0,5971
Error	8,67	12	0,72		
Total	22,00	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,87287
 Error: 0,7222 gl: 12
 Temperatura Medias n E.E.
 Alto= 26°C 4,11 9 0,28 A
 Bajo= 24°C 3,89 9 0,28 A
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30900
 Error: 0,7222 gl: 12
 pH Medias n E.E.
 Bajo=6.9 4,67 6 0,35 A
 Alto= 8.5 4,50 6 0,35 A
 Medio= 7.8 2,83 6 0,35 B
 Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,33072
 Error: 0,7222 gl: 12
 Temperatura pH Medias n E.E.
 Alto= 26°C Bajo=6.9 5,00 3 0,49 A
 Alto= 26°C Alto= 8.5 4,67 3 0,49 A B
 Bajo= 24°C Alto= 8.5 4,33 3 0,49 A B
 Bajo= 24°C Bajo=6.9 4,33 3 0,49 A B
 Bajo= 24°C Medio= 7.8 3,00 3 0,49 A B
 Alto= 26°C Medio= 7.8 2,67 3 0,49 B