



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA
MATURÍN**

**EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE CAL EN UN CULTIVO DE
CRIAS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis* spp.)**

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR

KARLA ESTEFANIA MATA STIPANI

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

Enero, 2020

**EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE CAL EN UN CULTIVO DE
CRIAS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*)**

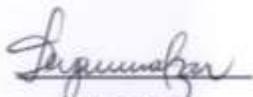
Trabajo de Grado Modalidad Tesis Presentado por

KARLA ESTEFANIA MATA STIPANI

Como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

APROBADO



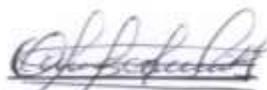
ASESOR

Prof. Deyanira Rivas



JURADO

Prof. Julio Royett



JURADO

Prof. Ana Ascanio



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

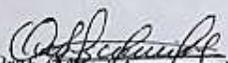
ACTA DE EVALUACION DEL TRABAJO DE GRADO

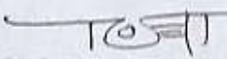
CTG-EZ-IPA-2020

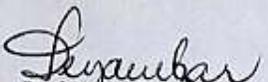
TESIS DE GRADO

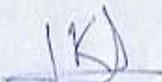
ACTA N° 009/2021

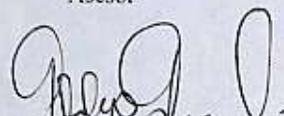
En Maturín, siendo las 9:30 a.m. del día 14 de febrero del 2020, reunidos en el salón B2 del Centro de Postgrado en el Campus Juanico del Núcleo de Monagas de la Universidad de Oriente, los miembros del jurado profesores: Ana Ascanio (Jurado), Julio Royett (Jurado) y Deyanira Rivas (Asesor), a fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el Reglamento de Trabajo de Grado vigente para obtener el Título de **INGENIERO EN PRODUCCION ANIMAL**, se procedió a la exposición y defensa del Trabajo de Grado, titulado: "EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE CAL EN EL CULTIVO DE CRÍAS DE TILAPIA ROJA *Oreochromis spp*" presentado por la BR. **KARLA ESTEFANIA MATA STIPANI**, titular de la Cedula de Identidad N° 20.647.490. El jurado, luego de la discusión del mismo acordó calificarlo como: **APROBADO**.

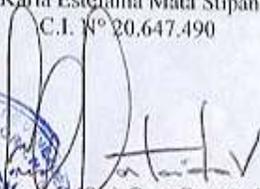

Prof. (MSc.) Ana Ascanio
C.I. N° 14.338.699
Jurado


Prof. (Ing.) Julio Royett
C.I. N° 18.651.313
Jurado


Prof. (Ing.) Deyanira Rivas
C.I. N° 9.898.102
Asesor


Br. Karla Estefania Mata Stipani
C.I. N° 20.647.490


Prof. (MSc.) Gladys Guédez
C.I. N° 9.893.033
Sub-Comisión Trabajo de Grado


Prof. (MSc.) Cruz Castañeda
C.I. N° 9.978.722
Jefe (E) de Departamento



Según establecido en resolución del Consejo Universitario N° 034/2009 de fecha 11/06/2009 y Artículo 13 Literal J del Reglamento de Trabajo de Grado de la Universidad de Oriente

DEL PUEBLO VENIMOS/HACIA EL PUEBLO VAMOS

DEDICATORIA

A Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y camino, por haber puesto en mi vida a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi carrera universitaria.

A mis padres ejemplares y amorosos, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, siendo un gran apoyo emocional siempre, este logro se los debo a ustedes por motivarme siempre con cariño y buenos consejos a alcanzar mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

A Dios santo por haberme dado la fuerza para alcanzar esta meta, por haberme dado el conocimiento para lograrlo, sin él no habría sido posible.

A mis padres por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por sus esfuerzos en brindarme la mejor educación, ellos mi mayor pilar siempre.

A mi apreciada profesora asesora Deyanira Rivas, quien con su criterio y esfuerzos me entregó su apoyo y conocimientos durante este proyecto.

A la comisión de trabajo de grado de la escuela de Zootecnia por su apoyo y dedicación.

A todos mis profesores de la escuela de Zootecnia quienes con esfuerzo y criterio científico inculcaron el fortalecimiento de mi formación profesional.

A mis más allegados compañeros de estudio por el apoyo moral que siempre me brindaron.

A todas las personas que de alguna manera han colaborado para la culminación del presente trabajo.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS DEL TEXTO.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS DEL TEXTO.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
GENERALIDADES DE LA TILAPIA ROJA	4
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EXTERNAS DE LA TILAPIA ROJA	5
CONDICIONES DE CULTIVO DE LA TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis</i> spp.).....	6
Temperatura del agua	7
Oxígeno disuelto en el agua	8
pH del agua	9
Alcalinidad total del agua.....	11
Nitratos presentes en el agua.....	12
Sobrevivencia.....	13
Tipos de cal	14
Encalado	16
Efecto del encalado sobre las variables del agua de cultivo de especies acuícolas	18
MATERIALES Y MÉTODOS	21
UBICACIÓN DEL ENSAYO	21
MATERIALES Y EQUIPOS	21
DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS (TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO, PH, ALCALINIDAD TOTAL Y NITRATOS) DEL AGUA EN LOS ACUARIOS SOMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE CAL	24
Temperatura del agua	24
Oxígeno disuelto en el agua	25
pH.....	26
Alcalinidad total del agua.....	27

Nitratos presentes en el agua.....	28
DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO EN PESO DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA.....	29
CUANTIFICACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE LOS PECES.....	29
DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	30
ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS (TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO, PH, ALCALINIDAD TOTAL, NITRATOS) DEL AGUA EN LOS ACUARIOS TRATADOS CON DOS FUENTES DE CAL.....	32
Temperatura.....	33
Oxígeno Disuelto.....	35
pH del agua.....	38
Alcalinidad total.....	42
Nitratos (NO ₃).....	45
CRECIMIENTO EN PESO DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA.....	47
Peso final.....	48
Crecimiento absoluto en peso de las crías de tilapia roja.....	51
SOBREVIVENCIA DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA.....	54
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÉNDICE.....	70
HOJAS METADATOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS DEL TEXTO

Cuadro 1. Resultados obtenidos para las variables del agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos fuentes de cal.	32
Cuadro 2. Crecimiento en peso (gramos) de las crías de tilapia roja.	48
Cuadro 3. Supervivencia de crías de tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>)	55

ÍNDICE DE FIGURAS DEL TEXTO

Figura 1. Ejemplar de tilapia roja	6
Figura 2. Laboratorio de piscicultura, Campus Juanico	21
Figura 3. Unidades experimentales	22
Figura 4. Aplicación de cal.....	23
Figura 5. Acuarios encalados	23
Figura 6. Pesaje de la ración de alimento balanceado	24
Figura 7. Termometro marca Pennplax	25
Figura 8. Test marca Lamotte para oxígeno disuelto.....	26
Figura 9. Determinación del pH	27
Figura 10. Lectura del pH	27
Figura 11. Test marca Lamotte para alcalinidad.....	28
Figura 12. Test Nutrafin para determinar Nitratos.....	28
Figura 13. Pesaje de las crías de tilapia roja	29
Figura 14. Comportamiento de la temperatura del agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos tipos de cal	33
Figura 15. Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos tipos de cal.	35
Figura 16. Respuesta del pH a la aplicación de dos tipos de cal al agua de cultivo de crías de tilapia roja	38
Figura 17. Respuesta de la alcalinidad total a la aplicación de dos tipos de cal al agua de cultivo de crías de tilapia roja	42
Figura 18. Concentración de nitratos en el agua de cultivo con dos tipos de cal.....	46
Figura 19. Peso final de las de las crías de tilapia roja cultivadas en aguas con dos tipos de cal	49
Figura 20. Crecimiento absoluto en peso de las crías de tilapia roja cultivadas en aguas con dos tipos de cal	52

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro 1.-análisis de varianza para la temperatura del agua.....	71
Cuadro 2.- Análisis de varianza para Oxígeno Disuelto en el agua	71
Cuadro 3.- Análisis de varianza para pH del agua.....	71
Cuadro 4.- Análisis de varianza para alcalinidad del agua	72
Cuadro 5.- Análisis de varianza para nitratos del agua.....	72
Cuadro 6.- Análisis de varianza para peso inicial de los peces	72
Cuadro 7.- Análisis de varianza para peso final de los peces.....	73
Cuadro 8.- Análisis de varianza para crecimiento absoluto en peso.....	73
Cuadro 9.- Análisis de varianza para número final de peces vivos.....	73
Cuadro 10. Análisis de Suelos (Valores Promedio)	74
Cuadro 11. Análisis del Agua del Pozo.....	74

RESUMEN

Para evaluar el efecto de dos tipos de cal en un cultivo de crías de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) Se realizó un ensayo en el Laboratorio de Piscicultura, de la Escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Monagas. Se seleccionaron 60 crías con pesos entre 2,54 y 2,92 g, distribuidas en 12 acuarios, con cinco crías para cada uno. Se aplicaron tres tratamientos con cuatro repeticiones T1: control (sin cal), T2: cal agrícola, T3: cal hidratada. Las variables determinadas fueron: temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), pH, alcalinidad total (AT), nitratos (NO₃), peso final (Pf), crecimiento absoluto en peso (CAP) y número final de peces (Nf). Se empleó un diseño completamente aleatorizado, análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de Tukey al 5% de significancia, mediante el programa Statistix 2010. La temperatura del agua no mostró diferencia ($p < 0,05$) entre los tratamientos, sin embargo las otras variables fueron diferentes estadísticamente en relación al tratamiento control, los mejores promedios se obtuvieron en el T3 (oxígeno disuelto: 6,85 mg/L \pm 0,67, pH: 8,75 \pm 0,64, alcalinidad total: 145,00 mg/L \pm 50,0) a excepción de NO₃, que registró menor concentración en el T2 (6,75 mg/L \pm 2,36). Los parámetros productivos revelaron diferencias significativas ($p < 0,05$), los mejores resultados se lograron con el T2 (Pf: 6,10 g \pm 0,55, CAP: 3,26 cm \pm 0,69 y Nf: 13 peces). Se concluye que los dos tipos de cal, pueden corregir la acidez del agua y del suelo además de mejorar el crecimiento en los peces.

Palabras clave: Cal agrícola, cal hidratada, *Oreochromis spp.*

SUMMARY

To evaluate the effect of two types of lime in a culture of red tilapia (*Oreochromis* spp.) Hatchlings, a test was carried out at the Pisciculture Laboratory of the School of Zootechnics, Universidad de Oriente, Monagas. 60 offspring with weights between 2.54 and 2.92 g were selected, distributed in 12 aquariums, with five offsprings for each one. Three treatments were applied with four repetitions T1: control (no lime), T2: agricultural lime, T3: hydrated lime. The variables determined were: temperature (T), dissolved oxygen (DO), pH, total alkalinity (AT), nitrates (NO₃), final weight (Pf), absolute growth in weight (CAP) and final number of fish (Nf) . A completely randomized design, analysis of variance (ANAVA) and the Tukey test at 5% significance were used, using the Statistix 2010 program. The water temperature did not show a difference ($p < 0.05$) between the treatments, however the other variables were statistically different in relation to the control treatment, the best averages were obtained in T3 (dissolved oxygen: $6.85 \text{ mg / L} \pm 0.67$, pH: 8.75 ± 0.64 , total alkalinity: $145, 00 \text{ mg / L} \pm 50.0$) with the exception of NO₃, which registered a lower concentration in T2 ($6.75 \text{ mg / L} \pm 2.36$). The productive parameters revealed significant differences ($p < 0.05$), the best results were achieved with T2 (Pf: $6.10 \text{ g} \pm 0.55$, CAP: $3.26 \text{ cm} \pm 0.69$ and Nf: 13 fish). It is concluded that the two types of lime can correct the acidity of the water and the soil in addition to improving the growth in fish.

Key words: Agricultural lime, hydrated lime, *Oreochromis* spp.

INTRODUCCIÓN

La tilapia roja (*Oreochromis* spp.) es un pez híbrido de origen africano, se destaca de las demás especies piscícolas por un conjunto de características morfológicas y fisiológicas que le proporcionan un alto potencial productivo. Posee cualidades que la convierten en organismos de gran interés para la acuicultura, entre las que resaltan, su amplio rango de adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, rápido crecimiento, tolerancia a altas densidades de cultivo, resistencia a enfermedades y carne de buen sabor, provee una de las más grandes fuentes de proteína alrededor del mundo, producción que se ha incrementado enormemente en años recientes.

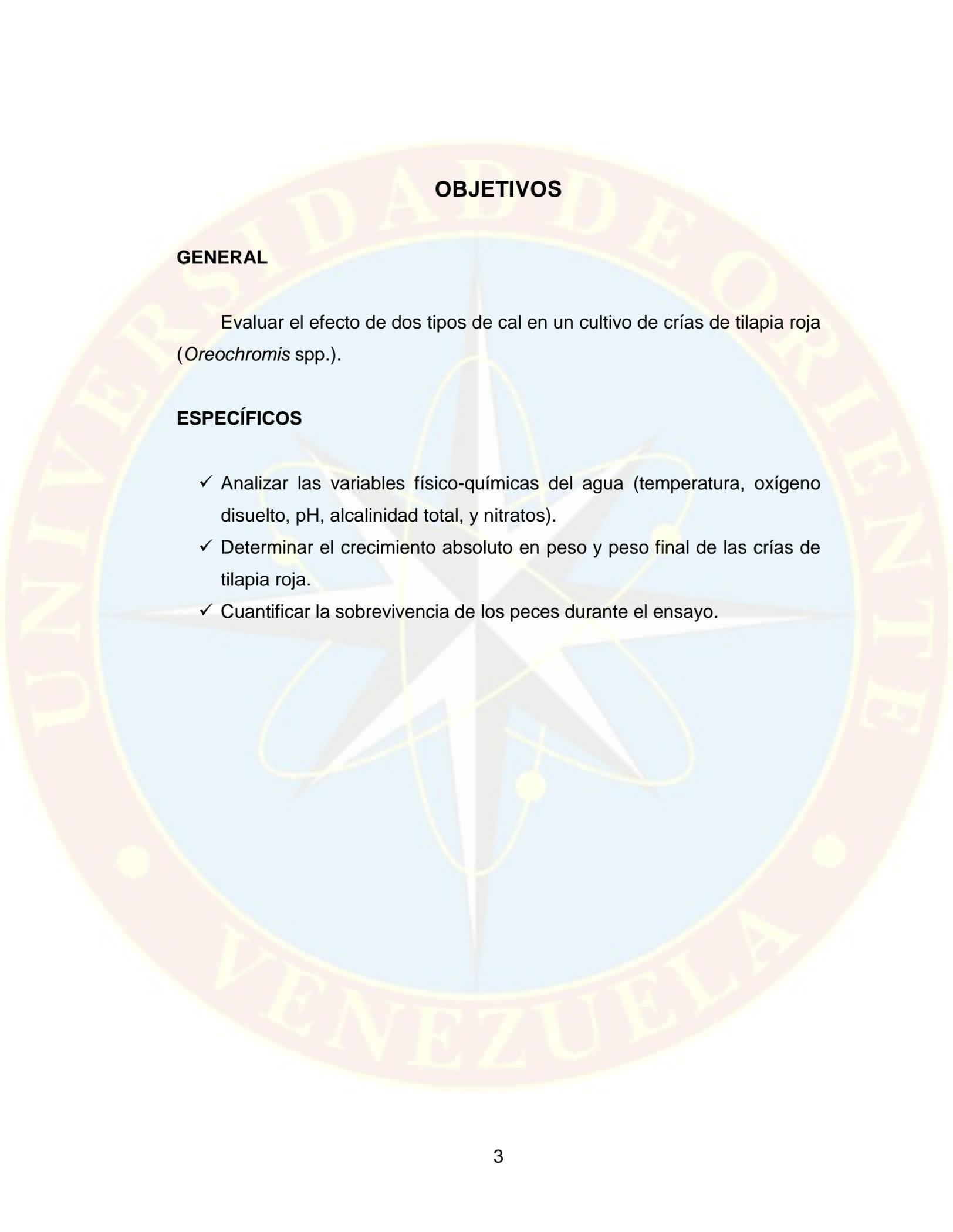
Los suelos ácidos representan diversos problemas para la producción piscícola en Venezuela. La acidez tiene un efecto en las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, de modo que reduce la eficiencia productiva de los estanques piscícolas, teniendo un efecto negativo en el crecimiento y sobrevivencia de las especies cultivadas.

Los cultivos acuícolas que se realizan en estanques con fondo de tierra o rústicos, requieren de un acondicionamiento previo a la siembra, que comprende dos acciones fundamentales, como el encalado y la fertilización para lograr el ambiente de cría adecuado que garantice el crecimiento y la sobrevivencia de las especies cultivadas.

La práctica de encalado es ampliamente utilizada en sistemas de producción animal, gracias a sus propiedades tanto preventivas de enfermedades como correctivas a deficiencias de suelos. Consiste en la

aplicación de productos ricos en cal al fondo de los estanques, incrementando así el pH y la disponibilidad de fósforo, neutralizando la acidez, aumentando la producción primaria y controlando agentes biológicos indeseados debido a sus propiedades esterilizantes y desinfectantes.

Por este motivo el encalado es objeto de estudio en el mundo, ya que constituye una práctica esencial y económica para evitar enfermedades, corregir problemas de acidez en los suelos y mejorar la calidad del agua de en estanques de cultivo de producción acuícola. Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se evaluó el efecto de dos tipos de cal sobre las variables del agua, crecimiento y sobrevivencia de crías de tilapia roja (*Oreochromis spp.*).



OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de dos tipos de cal en un cultivo de crías de tilapia roja (*Oreochromis* spp.).

ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar las variables físico-químicas del agua (temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, y nitratos).
- ✓ Determinar el crecimiento absoluto en peso y peso final de las crías de tilapia roja.
- ✓ Cuantificar la sobrevivencia de los peces durante el ensayo.

REVISIÓN DE LITERATURA

GENERALIDADES DE LA TILAPIA ROJA

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia *Cichlidae*. Habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (Ramiro y Cruz, 2011). Es un tetrahíbrido, producto del cruce entre cuatro especies diferentes del género *Oreochromis*: *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis hornorum*, y *Oreochromis aureus*. Cada una de estas especies aporta al híbrido, sus mejores características, resultando uno de los peces con mayor potencial para la acuicultura comercial en el mundo (Martínez *et al.*, 2000).

Quiñonez (2009) reseña que la tilapia es cultivada en más de 100 países y ocupa el segundo puesto en la producción mundial con 1,6 millones de toneladas métricas al año. Marcillo y Landivar (2008), indican que las tilapias tienen una serie de ventajas en los cultivos comerciales: soportan bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, la manipulación, son de crecimiento acelerado, resisten a la acción de agentes patógenos, aprovecha bien la productividad natural del estanque, hace buen uso de subproductos agrícolas y dietas balanceadas. En cuanto a su carne presenta características de textura firme, coloración blanca, pocas espinas intramusculares y buen sabor.

El cultivo de la tilapia puede rastrearse hasta el antiguo Egipto en donde su cultivo tenía fines ornamentales (FAO, 2005). Los inicios del cultivo en América latina fueron netamente rurales, a pequeña escala, sin embargo, a

partir de la década de los 80, debido al desarrollo de técnicas de producción de alevines mono sexuales y alta disponibilidad de alimento para animales acuáticos, la tilapia roja se convirtió en un rubro de gran importancia para la explotación en países sin tradición acuícola suramericanos como fue introducida en: Colombia (1982), Venezuela (1989) y Ecuador (1993) en forma casi simultánea con países Centroamericanos, Caribeños y Norteamericanos (Campo, 2011).

En Venezuela es a partir de 1992, cuando se empieza la producción del cultivo de tilapia de forma legal, ya que por resolución MAC/DG/OONP No 338 de 1974 publicada en la Gaceta Oficial, se prohibía la importación y cultivo de tilapia, excepto para investigación en todo el territorio nacional e insular para proteger a las especies nativas (Toledo y García, 2000).

Esta especie es de gran importancia en el siglo XXI, debido a su periodo de crecimiento relativamente más corto en relación a otros peces, y por presentar adaptabilidad a diferentes ambientes de producción (Pérez *et al.*, 2014)

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS EXTERNAS DE LA TILAPIA ROJA

Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado (Figura 1). La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de

la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta (Saavedra, 2006).

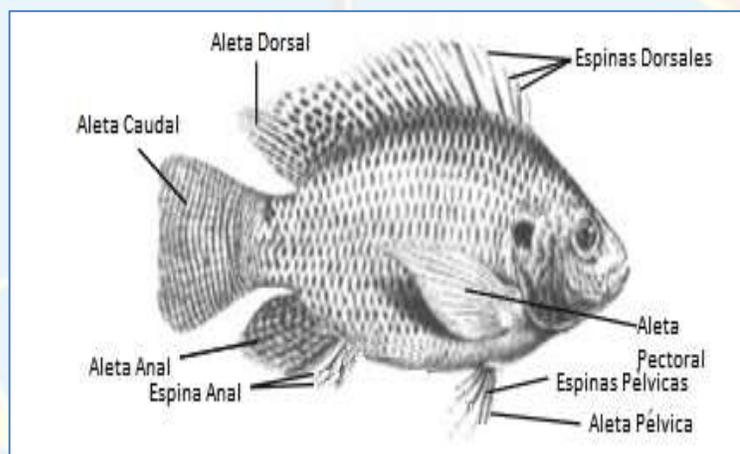


Figura 1. Ejemplar de tilapia roja

Fuente: Popma (1999)

Las tilapias presentan dimorfismo sexual lo que significa que hay una diferencia en la fisionomía externa entre machos y hembras, en tamaño, color y forma. Los machos crecen más rápido que las hembras y al año de edad el tamaño de estos puede duplicar al de las hembras (Tave, 1996).

CONDICIONES DE CULTIVO DE LA TILAPIA ROJA (*Oreochromis* spp.)

En el cultivo de peces se menciona que el crecimiento de los mismos depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar y así garantizar el desarrollo de los peces (Bautista y Ruiz, 2011).

Temperatura del agua

La temperatura del agua es la variable física más importante a controlar en la vida de animales de sangre fría, como los peces. Es crítica para el crecimiento, reproducción y supervivencia. Todas las especies de peces tienen un rango óptimo de temperatura para el crecimiento, así como un límite letal de temperaturas bajas y altas (Masser, 1997).

Los rangos óptimos de temperatura para el cultivo de tilapia oscilan entre 20-30°C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15°C, no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29°C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37 - 42°C (Saavedra, 2006). Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno (Cantor, 2007).

La tilapia generalmente interrumpe su alimentación cuando la temperatura desciende hasta valores por debajo de 17°C, en condiciones controladas la reproducción ocurre entre 27 y 30°C, siendo viable a temperaturas levemente inferiores, por el contrario, a temperatura menores a 20°C, toda actividad reproductiva queda suspendida (Kubitza, 2000; Hsien y Quintanilla, 2008). Gracias a que el rango óptimo de temperatura, es entre los 25°C a 30°C, esta especie es considerada una de las más aptas para el cultivo en condiciones ecológicas de Venezuela (Parra, 2012).

Vásquez *et al.* (2014) indican, en el cultivo de tilapia roja es importante mantener la temperatura alrededor de los 28°C, con el fin de hacer más eficiente su metabolismo y, así su crecimiento; especialmente se deben

controlar estos valores en la etapa de crecimiento de los alevines, debido a su vulnerabilidad durante este periodo.

En regiones donde las temperaturas se sitúan entre 15-18°C o menos, en forma continua, no es posible cultivarlas en estanques o jaulas a cielo abierto, ya que por debajo de estas temperaturas el sistema inmunológico de la tilapia se suprime y son altamente susceptibles a enfermedades. Temperaturas dentro de la franja comprendida entre los 8 y 10°C son generalmente letales (Wicki y Gromedia, 1997).

Oxígeno disuelto en el agua

Es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua y es un indicador de buenas condiciones para el soporte a la vida tanto vegetal como animal, en el caso de la tilapia, esta puede sobrevivir de manera rutinaria a concentraciones menores de 0,3 mg/L al amanecer, lo cual es una concentración crítica para otras especies (Popma, 1999).

El Oxígeno disuelto (OD) es un requerimiento esencial para la mayoría de los organismos vivos presentes en el ecosistema acuático y depende de las actividades biológicas, químicas y físicas del sistema. A mayor actividad la disponibilidad de oxígeno se reduce, y pueden ser favorecidas condiciones anaerobias que no son apropiadas para cultivos acuícolas o sistemas acuáticos ya que son producidos metabolitos tóxicos como ácido sulfhídrico, metano, amonio entre otros, por esta razón es importante tener un control riguroso del oxígeno disuelto (Orduz y Erazo, 2009).

Rodríguez y Anzola (2001) afirman, que si no hay una buena concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden ser vulnerables a

enfermedades, parásitos, o morir por falta de este elemento. Además se ha comprobado que no aceptan el alimento cuando se presentan niveles bajos de oxígeno lo cual conlleva a la pérdida de este insumo, afectando el crecimiento y la tasa de conversión alimenticia.

Una ventaja del cultivo de tilapia es su tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, pues aunque su presión parcial sea baja, su sangre es capaz de saturarse de oxígeno y aun de reducir su consumo si la concentración es inferior a 3 mg/L; por tal efecto, presenta un metabolismo semi anaeróbico que le permite soportar niveles de 1 mg/L, e incluso menor, por periodos cortos, no obstante lo recomendable es mantener concentraciones que varíen entre 4 y 6 mg/L (Rodríguez, 2002; Hsien y Quintanilla, 2008).

Para el caso de cultivo tilapias en sistema intensivo en tanques, el aumento de renovación de agua mantiene niveles de oxígeno aceptables y favorece el crecimiento y la conversión alimentaria, sin que los niveles de amoníaco alcancen a ser limitantes (Luchini, 2006). La ingestión puede verse afectada por los niveles de oxígeno disuelto, que disminuyen con la temperatura, así como el crecimiento baja si el contenido de este gas en el agua es bajo (González, 2007).

pH del agua

El pH es una medida de la acidez relativa del agua. En un estanque de cultivo, fluctúa diariamente debido a la captura y liberación de CO₂ durante la fotosíntesis y respiración. El pH es más bajo cerca del amanecer y más alto a medio día, cuando está fuera del rango deseado, el crecimiento de los peces

es lento, se reduce la reproducción, y se incrementa la susceptibilidad a enfermedades (Masser, 1997).

Los valores de pH del agua para los cultivos de las especies acuícolas deben mantenerse entre 6,7 y 8,6 con valores superiores o inferiores a estos se inhibe el crecimiento y la reproducción, aunque la magnitud del efecto dependerá de la especie y de las condiciones ambientales (Corral *et al.*, 2000).

En aguas con pH 3 ha sido constatada su muerte total entre uno y tres días y en aguas con pH 2 sobreviven solamente durante 12 horas. Frente a una exposición en aguas acidas, se produce la destrucción total de todo el tejido branquial. A un pH por encima de 10, las mortalidades también son significativas. Este último valor es importante tener en cuenta, especialmente en estanques donde el fitoplancton se desarrolle en exceso (aguas demasiado verdes) ya que aguas de baja alcalinidad el pH puede alcanzar, hasta 12 en la escala, en días muy soleados o hacia el final de la tarde (Kubitza, 2000).

Guzmán (2001), señala que la tilapia roja crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino cuyos valores oscilan entre 7 y 8, ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel. Arboleda (2006), afirma que el rango aceptable para el cultivo se extiende entre 6,5 y 8,5; fuera de este rango indicado el pez deja de comer o come menos, se le bajan las defensas, y valores más lejanos del rango óptimo pueden provocar mortalidades masivas.

Por su parte, Hsien y Quintanilla (2008), alegan que, el rango de pH adecuado para el cultivo de tilapia es de 7 a 9, debiéndose controlar las

variaciones de pH del medio, ya que superiores o inferiores a ese margen pueden generar cambios en el comportamiento de los peces, como letargia e inapetencia o implicar graves trastornos en la tasa de crecimiento, reproducción y supervivencia, valores cercanos a 5 provocan la muerte por fallos respiratorios en un periodo de tres a cinco horas además de causar pérdidas de pigmentación y el aumento de las secreciones del mucus.

Alcalinidad total del agua

La alcalinidad es definida como la capacidad del agua para neutralizar ácidos fuertes, o la cantidad total de carbonatos y bicarbonatos presentes en el agua (Arredondo y Ponce, 1998). Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO_3/L resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO_3/L en un cultivo de tilapia, se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque (Alamilla, 2002).

De acuerdo con Rodríguez y Anzola (2001) cuando se presentan aguas con alcalinidad total alta los valores de pH oscilan entre 7,5 a 8 en las primeras horas de la mañana y entre 9 y 10 en las horas de la tarde, ayudando a que se mantenga mayor valor de pH por las mañanas, mientras que aguas con baja alcalinidad facilitan los cambios de pH en un perfil de 24 horas. Las aguas con niveles bajos de alcalinidad son poco productivas debido a la poca presencia de dióxido de carbono y de bicarbonato.

La alcalinidad afecta la toxicidad del sulfato de cobre en tratamientos como alguicida (en baja alcalinidad aumenta la toxicidad de éste para los

peces). Para valores por debajo de 20 ppm es necesario aplicar 200 g/m de carbonato de calcio, entre dos y tres veces por año (Cantor, 2007).

En estanques con baja alcalinidad, es efectiva la adición de cal viva, cal hidratada o carbonato de calcio, bloques de concreto, conchas de ostras, piedra caliza o incluso con cáscaras de huevo, según el pH del suelo y la capacidad de amortiguación, esta práctica puede además contribuir a reducir el amoníaco (Bhatnagar y Pooja, 2013).

Nitratos presentes en el agua

El ión nitrato, es el estado más oxidado en el ciclo de nitrógeno, en piscinas de acuicultura, bajo condiciones oxidativas favorables, tiende a ser mayor su concentración frente a los demás iones del ciclo del nitrógeno razón por la cual su determinación favorece un análisis ecológico del sistema (Orduz y Erazo, 2009).

El nitrato presente en el agua es un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y acción contaminante. Se genera en el proceso de transformación del amoníaco a nitratos. El nitrato está presente en los sistemas de producción debido a la nitrificación y particularmente, en la acuicultura como consecuencia de la adición de microalgas que se emplean en algunos casos como fuente de alimentación (Frías y Páez, 2001).

La concentración de nitratos en el agua subterránea es un tópico común de muchas discusiones acerca de la calidad del agua, ya que es de importancia tanto para humanos como para animales. Debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se

manifiesta un problema de salud en organismos de cultivo. Niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. A menudo es difícil precisar el origen de un alto contenido de nitratos, debido a que puede provenir de muchas fuentes (Bautista y Ruiz, 2011). Para el cultivo de tilapia, los nitratos; producto final de la degradación del amoníaco (no tóxicos), podrán situarse en los 10 mg/L (Luchini, 2006).

Monses (2014) expuso juveniles de tilapia a cinco concentraciones de nitrato de 0, 10, 100, 500 y 1000 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ a una temperatura del agua de 27,3 °C. En el tratamiento de nitrato más alto, se produjo la mortalidad de tres peces (tasa de supervivencia del 62,5%) la tasa de crecimiento específica, en este tratamiento también disminuyó significativamente en un 29%, y se observó que índice de conversión alimenticia se redujo (56%). Los resultados del estudio mostraron que las altas concentraciones de nitratos pueden afectar el crecimiento, la salud y el desarrollo de la tilapia. Por lo tanto, el NO_3 debe mantenerse a menos de 500 mg/L, ya que no se observaron efectos graves en este nivel.

Sobrevivencia

Kubitza (2009) afirma que las tilapias toleran bajos niveles de oxígeno en el agua. Sin embargo, el crecimiento, la conversión alimentaria y la sobrevivencia se ven afectados cuando los peces son sometidos frecuentemente a disminuciones en la concentración de oxígeno disuelto (OD). Se debe mantener los niveles de OD en 3 mg/L o más; alegando que en la producción de tilapia la mortalidad total no debe sobrepasar el 10%.

Vázquez *et al.* (2004) coinciden en que las enfermedades infecciosas representan una importante fuente de mortalidad en la industria de cultivo de peces, trayendo consigo considerables pérdidas económicas. (Saavedra, 2006) afirma que la tilapia es un pez resistente a las enfermedades, esta característica le permite mostrar mayor sobrevivencia y mayor rentabilidad. El rango óptimo de temperatura es de 28 - 32°C, cuando desciende a menos de 12°C no sobreviven por mucho tiempo.

Tipos de cal

La cal, es un producto químico natural que se obtiene de la roca caliza, cuando es sometida a altas temperaturas (más de 1000°C) hasta obtener Cal viva, en esa fase tiene lugar la transformación del calcio: de carbonato a óxido por desprendimiento del dióxido de carbono (CO₂), contenido en la piedra (Saavedra, 2013).

La fabricación de la cal no requiere combinación de varios materiales, comprende tres procesos: trituración, calcinación e hidratación de la materia prima, que puede ser caliza pura (CaCO₃) o caliza dolomítica (CaCO₃ – MgCO₃). La pureza depende de la calidad de las calizas utilizadas y en menor grado de su manufactura (López *et al.*, 2013). Es utilizada como un aditivo químico para neutralizar la acidez del suelo e incrementar la alcalinidad total y dureza total del agua en estanques de acuicultura pobremente tamponados (Sonnenholzner y Medina, 2002).

El carbonato de calcio natural se forma de los restos de animales y vegetales, estos organismos concentran altas reservas del mineral tomado de la atmósfera a partir del bióxido de carbono y calcio disueltos en el agua marina (Saavedra, 2013).

Cal agrícola o calcita (CaCO_3) es el material más usado para encalar, contiene principalmente carbonato de calcio (CaCO_3), se obtiene a partir de roca caliza que se muele y luego se cierne en mallas de diferente tamaño, en su forma pura contiene un 40% de Ca (Espinosa y Molina, 1999). El CaCO_3 es un producto poco soluble, que se disuelve muy lentamente en el agua consumiendo iones hidrógeno y reaccionando con el CO_2 , (Stumm y Morgan, 1996). Se considera el material estándar para el encalado del agua de estanques de cultivo de peces, el carbonato de calcio reacciona con el dióxido de carbono que forma iones de calcio y bicarbonato solubles (Thunjai *et al.*, 2004).

El hidróxido de calcio, es un cuerpo sólido, blanco, amorfo, pulverulento, parcialmente soluble en el agua. La cal apagada en pasta tiene la propiedad de endurecer lentamente en el aire enlazando los cuerpos sólidos, por lo cual se la emplea como aglomerante. Este endurecimiento recibe el nombre de fraguado y se debe, en principio, a una desecación por evaporación del agua con la que forma la pasta, luego de una carbonatación por absorción del anhídrido carbónico del aire (Higuera *et al.*, 2012).

La cal hidratada posee marcadas propiedades básicas, su pH es muy alcalino, aproximadamente 12,4 (Rodríguez *et al.*, 2005). El hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tiene un efecto intermedio entre óxido de calcio y el carbonato de calcio para neutralizar la acidez del suelo. En forma pura presenta 56% de Ca (IPNI, 1999).

Es un polvo difícil de manejar y al igual que la cal viva, reacciona rápidamente en el suelo, por lo que su incorporación debe ser lo antes posible tiene un mejor uso como desinfectante, debido a su reacción explosiva en el agua aumenta muy rápido el pH (Yuvanatemiya *et al.*, 2011).

La cal hidratada es un esterilizante eficaz para el fondo de estanques húmedos, también eliminará el dióxido de carbono del agua, sin embargo no es un agente oxidante, por lo que no destruirá la materia orgánica en el lodo o el agua. Se requieren aplicar grandes cantidades de cal hidratada (2.000 a 10.000 kg/ha) a los estanques para satisfacer las necesidades de cal de los lodos de fondo (Boyd y Scarsbrook, 1974, Hansell y Boyd, 2015).

Encalado

El encalado consiste en la aplicación de materiales básicos al suelo (enmiendas calcáreas) que neutralizan la acidez. Los materiales que se utilizan son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química los productos encalantes presentan una capacidad variable de neutralización (Bernier y Alfaro 2006).

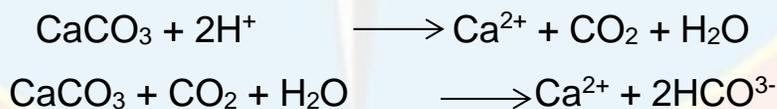
La práctica del encalado es una de las técnicas blandas de manejo de suelos, la cual por su capacidad de neutralización de la acidez, de corrector del pH y de suplidor de Ca y Mg al terreno, en plantas y animales se comporta como un evidente factor de incremento de la productividad, resulta más activa cuando es mayor su grado de descomposición, el cual depende a su vez, de la granulometría del material (López *et al.*, 2013).

De acuerdo con Catalán (2002) este proceso consiste en la aplicación de cal en las paredes y el fondo del estanque con el fin de eliminar bacterias y hongos. Se utiliza a razón de 600 kilogramos, de cal por hectárea, los estanques nuevos deben ser encalados para aumentar la productividad, esta depende del tipo de suelo y calidad del agua por ejemplo, si la alcalinidad es superior a 20 ppm, no se necesita.

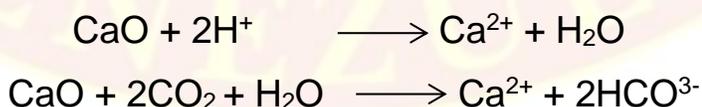
Es una medida de conservación de los estanques y tiene una acción muy variada y beneficiosa sobre el estado sanitario de los peces, acelera la descomposición de la materia orgánica, la destrucción de los organismos indeseados, incluyendo agentes infecciosos, por otro lado, favorece la producción primaria y sus factores biológicos, además permite aprovechar de mejor manera la fertilización (Wilkinson, 2002). El encalado ayuda a la neutralización de la acidez causada por Al^{+3} , H^+ , Fe^{+2} ó Mn^{+2} , e induce a una respuesta favorable de los cultivos como resultado del suministro de Ca y/o Mg (Kamprath, 1984).

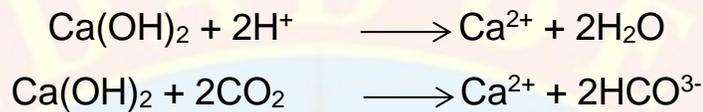
Boyd *et al.* (2002) explican que los principales componentes químicos de las fuentes de cal son carbonatos de calcio y magnesio, la caliza calcítica es un compuesto casi enteramente de carbonato de calcio ($CaCO_3$), mientras que la piedra caliza dolomítica se compone de calcio y carbonato de magnesio en una relación 1:1 ($CaCO_3 \times MgCO_3$). La mayoría de las piedras calizas no son ni calcítica ni dolomíticas, sino una mezcla de carbonatos de calcio y magnesio en proporción 1:1. Todos los materiales de encalado (sean calcíticos o dolomíticos) reaccionan con iones de hidrógeno (H^+) y dióxido de carbono (CO_2) básicamente de la misma manera como se ilustra en las siguientes reacciones:

Carbonato de calcio – Cal agrícola



Oxido de calcio - Cal viva



Hidróxido de calcio – Cal hidratada**Efecto del encalado sobre las variables del agua de cultivo de especies acuícolas**

El agua recibe especial atención, por ser el medio en el cual el pez satisface, entre otras, las necesidades de intercambio gaseoso y de intercambio iónico para el mantenimiento de la presión osmótica (Baldisserotto, 2002). Por estas necesidades fisiológicas, es tan importante el mantenimiento de la calidad de agua del cultivo dentro de los parámetros ideales para cada especie en particular (Wedemeyer, 1996).

El agua refleja la calidad de los suelos donde están ubicados los estanques, en suelos ácidos, estos suelen tener baja alcalinidad total, dureza total y pH (Lazur, 2007). La calidad del agua es el factor determinante de la producción de peces en estanques, depende de los minerales disueltos, el pH, la alcalinidad y la dureza, y el origen de la fuente de agua de abastecimiento, así como los aspectos geológicos y climáticos del sitio elegido, asimismo, las prácticas de manejo empleadas, como el encalado y la fertilización, también intervienen en la calidad del agua. Las aguas ácidas contienen altas concentraciones de hierro y aluminio que son tóxicas para los peces e inactivan los fertilizantes al precipitar los fosfatos (Egna y Boyd, 1997).

Según Catalán (2002) los estanques nuevos deben encalarse para aumentar la productividad, aunque esto depende del tipo de suelo y de agua,

el encalado puede servir como un desinfectante o esterilizante. Estanques encalados obtuvieron mayor producción de fitoplancton y los peces superaron 25% en peso a los de estanques no encalados.

Las adiciones de altas dosis de cal agrícola pueden causar la precipitación del fitoplancton, sedimentación de las partículas arcillosas en suspensión y mejoría de la calidad de agua de los estanques a los pocos días de la aplicación, así como también aumenta la dureza y la alcalinidad (Queiroz *et al.*, 2016).

El encalado del fondo de los estanques con cal viva o hidróxido de calcio elimina a los organismos que viven en el fondo, estadios nadadores libres, estadios resistentes, huevos y estadios intermedios de formas parasitarias en hospedadores intermediarios como caracoles y parte de la población de bacterias (Cornelius, 1987 y Avault, 1999).

La acidez en los suelos de estanques de agua dulce es, generalmente, debida a la gran cantidad de iones de aluminio ligados a los cationes intercambiables. Los problemas en piscicultura relacionados con suelos ácidos son bajo crecimiento, baja sobrevivencia, baja productividad y alta mortalidad ocurrida por un incremento en las concentraciones de aluminio y manganeso tóxicos (Boyd y Zimmerman, 2000). Los metales presentes en el suelo son liberados en el agua, y dependiendo del pH de la misma y de la interacción con otros iones pueden causar toxicidad en los peces, interfiriendo directamente sobre los procesos fisiológicos de intercambio gaseoso e iónico (Carvalho y Fernandes, 2006).

Zaniboni *et al.* (2002) reportaron mortalidades del 100% cuando el pH del agua fue de 3,58. Lawson (1995), dice que valores de pH deseables para

el cultivo de peces deben estar entre 6,5 y 8,0; por otra parte, hierro y aluminio presentan valores altos comparados con los reportes del investigador, quien asegura que el aluminio (Al) debe ser menor a 0,01 mg/L, hierro (Fe) menor a 0,01mg/L, dureza entre 10 y 400 mg/L.

El encalado, con cal agrícola, óxido de calcio, cal hidratada u otro compuesto de cal, contribuye a mantener la calidad del agua, la cal reacciona con el dióxido de carbono, formando iones de calcio y bicarbonatos solubles, que aumentan la alcalinidad y dureza del agua, elevan el pH del agua, constituyendo una reserva alcalina que actúa como un buffer para evitar grandes variaciones del mismo, puede actuar como desinfectante, eliminar bacterias, parásitos de peces y sus intermediarios, además, neutraliza los compuestos tóxicos ferrosos, promueve la mineralización del suelo y precipita el exceso de materia orgánica en suspensión. Los productos cálcicos, indirectamente aumentan la concentración de oxígeno disuelto en el agua permitiendo una mayor floración de fitoplancton (González y Heredia, 1998, Boyd *et al.*, 2002, Thunjai *et al.*, 2004, Yuvanatemiya *et al.*, 2011, Barbosa *et al.*, 2014).

La aplicación de cal agrícola se recomienda para la corrección de los suelos de fondo ácidos en estanques para acuicultura, debido a que la cal agrícola puede aumentar el pH del suelo, las concentraciones de alcalinidad y dureza total en las aguas y la disponibilidad de carbono inorgánico para la fotosíntesis (Boyd *et al.*, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el Laboratorio de Piscicultura, de la Escuela de Zootecnia, ubicado en el *Campus* Juanico de la Universidad de Oriente, núcleo Monagas (Figura 2), localizada geográficamente con las siguientes coordenadas: 9° 44' 15" Norte y 63° 09' 28" Oeste a una altitud de 67 msnm y temperatura media anual de 28, 27 °C (MARNR, 1997). Tuvo una duración de 25 días.



Figura 2. Laboratorio de piscicultura, Campus Juanico

MATERIALES Y EQUIPOS

El material biológico de este ensayo estuvo representado por crías de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) que fueron recolectados en los tanques ubicados en la parte externa del Laboratorio de Piscicultura. Se seleccionaron 60 crías, las mismas fueron distribuidas aleatoriamente a

razón de cinco peces por unidad experimental, en 12 acuarios de vidrio con capacidad de 40 litros (Figura 3), que fueron previamente lavados y llenados con 30 litros de agua, a cada acuario se le colocó un sistema de aireación continua a igual profundidad y presión.



Figura 3. Unidades experimentales

El llenado de los acuarios se realizó siete días antes de iniciar el ensayo con agua proveniente de un pozo perforado ubicado en la finca San José, localizada en el sector El Rincón de Monagas, municipio Maturín, estado Monagas, bajo las coordenadas $9^{\circ} 43', 43,9''$ N $63^{\circ} 0,2' 29,6''$ O. A la cual se realizó el análisis de pH, alcalinidad y dureza en el laboratorio de Suelos y Aguas del Postgrado de Agricultura Tropical de la Universidad de Oriente, Monagas (Cuadro 11 del Apéndice).

Antes del llenado a cada acuario se le agregaron cuatro centímetros de suelo con pH 3,9 y textura arenosa proveniente de la misma finca, y fueron administradas al suelo dos tipos de cal (Carbonato de calcio CaCO_3 y cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$) (Figura 4 y 5).



Figura 4. Aplicación de cal

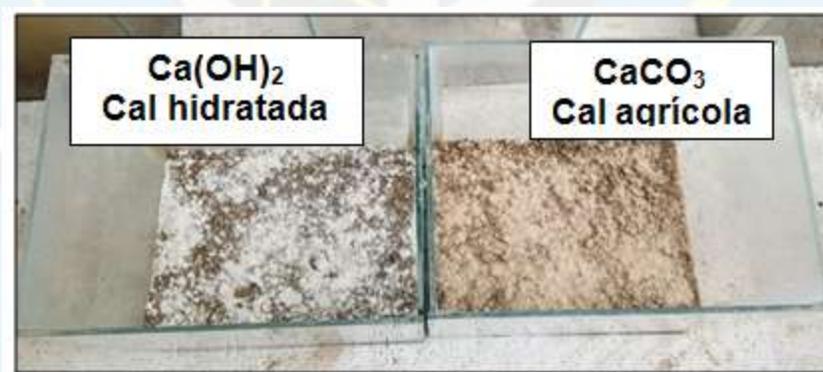


Figura 5. Acuarios encalados

Al transcurrir los siete días luego de la preparación de los acuarios, fueron adicionados los peces en los acuarios y se dio inicio al ensayo. Los peces fueron alimentados dos veces al día con alimento balanceado comercial con 25% de proteína cruda (Figura 6), a razón de 8% de la biomasa, el alimento fue suministrado diariamente a las 8:00 am y 2:00 pm.

Para determinar la biomasa y la cantidad de alimento a suministrar por día, se utilizaron las fórmulas aplicadas por (Baltazar y Palomino, 2004):



Figura 6. Pesaje de la ración de alimento balanceado

$$\text{Alimento/día} = \text{Biomasa} \times \text{Tasa de Alimentación}$$

$$\text{Biomasa} = \text{Número de peces} \times \text{Peso promedio (g)}$$

$$\text{Tasa de Alimentación} = 8\%$$

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS (TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO, PH, ALCALINIDAD TOTAL Y NITRATOS) DEL AGUA EN LOS ACUARIOS SOMETIDOS A DIFERENTES TIPOS DE CAL.

Temperatura del agua

La temperatura fue medida con un termómetro marca PENNPLAX, instalado directamente en el acuario durante todo el ensayo (Figura 7), no obstante para efectos del análisis de los datos se tomaron lecturas cada dos días, entre 7:30 y 8:00 am antes de la primera alimentación.



Figura 7. Termometro marca Pennplax

Oxígeno disuelto en el agua

La concentración de oxígeno disuelto, se determinó por medio del método de Winkler modificado (Orduz y Erazo 2009) y el test marca Lamotte (Figura 8). Se midió cada cinco días, para ello primeramente se procedió a enjuagar la botella recolectora con agua de la muestra, luego se tapó la botella con el dedo pulgar y se sumergió en el agua a una profundidad de 10 cm. Una vez sumergida la botella en el agua se destapó y se dejó llenar hasta el borde, luego se le colocó la tapa a la botella. Después de obtener la muestra se agregaron ocho gotas de solución de sulfato manganoso y ocho gotas de yoduro de potasio alcalino ácido, se tapó la botella y mezcló el contenido agitando varias veces, hasta la formación de un precipitado, luego se dejó reposar hasta que todo el precipitado se asentó.

Posteriormente se añadió 1,0 g de ácido sulfámico en polvo y ocho gotas de ácido sulfúrico, se tapó y mezcló el contenido hasta disolver totalmente el precipitado y se observó el cambio de color en el agua a un

tono amarillo claro-anaranjado. Se llenó el tubo de titulación hasta la línea de 20 ml con la muestra ya fijada. Se procedió a tapar el tubo e insertar el titulador en el tapón de la botella que contenía la solución de titulación (Tiosulfato de sodio al 0,025N) se invirtió la botella y se retiró lentamente el émbolo hasta que su parte inferior coincidió con el cero de la escala y se procedió a titular hasta que el agua cambió el color marrón amarillento y se tornó amarillo claro.

Una vez que desapareció el color marrón amarillento se procedió a quitar cuidadosamente el titulador y la tapa sin mover el émbolo del titulador, se añadieron ocho gotas de solución indicadora, lo cual ocasionó que la muestra se tornara de color azul. Se tapó nuevamente e insertó el titulador para continuar titulado hasta la desaparición del color azul y la solución se tornara incolora.



Figura 8. Test marca Lamotte para oxígeno disuelto

pH

Se determinó con un kit para pH de (6,0 - 7,6) de la marca NUTRAFIN (Figuras 9 y 10) en cada uno de los acuarios, se tomó una muestra de 5 ml de agua y se agregó en el tubo de ensayo limpio y seco, luego se añadieron

2 gotas del reactivo en el tubo de ensayo. Se colocó el tapón y agitó, inmediatamente se identificó, en la tabla colorimétrica, el color obtenido.



Figura 9. Determinación del pH



Figura 10. Lectura del pH

Alcalinidad total del agua

La alcalinidad total se determinó utilizando un kit marca Lamotte (Figura 11). Primeramente se procedió a enjuagar con el agua de muestra el tubo titulador, luego se agregaron 5 mL de agua de muestra a analizar, posteriormente se procedió a agregar una (1) tableta de BCG-MR, y se removió hasta disolver y la solución cambio a color gris-azul, después se introdujo el embolo con el reactivo B (Alkalinity titration reagent B) se agregó el reactivo y se mezcló simultáneamente hasta obtener un color rosado.

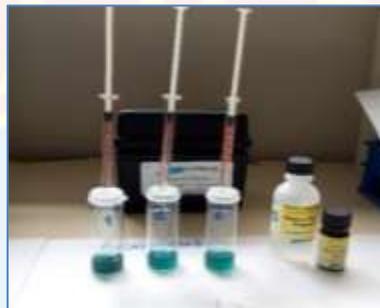


Figura 11. Test marca Lamotte para alcalinidad

Nitratos presentes en el agua

La concentración de nitratos (NO_3) se determinó por el método de reducción de Cadmio (Casas, 2008) con un kit para análisis de nitratos 0 - 110 mg/L (ppm) NO_3 , marca Nutrafin (Figura 12), para ello se tomó un tubo de ensayo previamente enjuagado con agua de la muestra contenida en los acuarios y luego se le agregaron 5 mL de esta, y dos gotas de ácido clorhídrico (reactivo 1) y cinco gotas de ácido acético (reactivo 2), se tapó y agitó para homogeneizar la mezcla, dejando reposar un minuto y luego se agregaron tres gotas de ethoxidiglycol (reactivo 3), se agitó en círculos por 20 segundos, luego se tapó, agitó y dejó reposar por cinco minutos, se agitó nuevamente e identificó el nivel de nitrato en la muestra a través de la tabla de colores incluida en el test.



Figura 12. Test Nutrafin para determinar Nitratos

DETERMINACIÓN DEL CRECIMIENTO EN PESO DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA

Para la determinación del crecimiento en peso, se colocaron los peces individualmente, sobre la balanza modelo Jean Wey de precisión 0,1g (Figura 13). Luego se calcularon los promedios inicial (P_1) y final de peso (P_2) en acuarios y tratamientos. El crecimiento absoluto en peso (CAP), se determinó por la fórmula aplicada por Luna y Figueroa (2000):

$$CAP = P_2 - P_1$$



Figura 13. Pesaje de las crías de tilapia roja

CUANTIFICACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA DE LOS PECES

La sobrevivencia se cuantificó al final del ensayo, sin embargo diariamente se observaron los acuarios, al momento de detectar peces muertos se retiraron inmediatamente y se anotaron como pérdida. Se calculó para cada tratamiento mediante la fórmula propuesta por Pineda (1999):

$$S = \frac{N^{\circ} \text{ Final de animales}}{N^{\circ} \text{ inicial de peces}} \times 100$$

Dónde:

- S= % Supervivencia
- N° inicial de animales= número de peces al inicio del ensayo. Los cuáles en esta investigación fueron 20 peces/tratamiento.
- N° final de animales= número final de peces, se obtuvo al restarle a la cantidad inicial el número de peces hallados muertos en el transcurso del ensayo.

DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado donde se evaluaron tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, que determinaron la respuesta de la aplicación de cal agrícola CaCO_3 (T2) y cal hidratada Ca(OH)_2 (T3) y un tratamiento control (T1) en 12 acuarios donde fueron distribuidos de manera aleatoria 60 crías de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), a razón de cinco ejemplares por unidad experimental.

Los tratamientos evaluados se plantearon según el criterio de Cavalcante *et al.* (2012) a razón de 2 g de cal/10 litros de agua, de acuerdo a esto, como las unidades experimentales fueron acuarios con capacidad efectiva para 30 litros de agua, las dosis de los tipos de cal o tratamientos aplicados fueron las siguientes:

- Tratamiento 1: Sin cal. Tratamiento control.
- Tratamiento 2: 6 g de cal agrícola (CaCO_3) por acuario.
- Tratamiento 3: 6 g de cal hidratada (Ca(OH)_2) por acuario.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los resultados obtenidos durante el ensayo a las variables dependientes evaluadas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total, nitratos, peso final, crecimiento absoluto en peso, número final de peces vivos) se aplicó un análisis de varianza, utilizando el programa estadístico (Statistix, 2010). En los casos donde existió diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad.

Modelo Lineal General

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}.$$

Dónde:

Y_{ij} : representa el valor de la respuesta de los tratamientos

μ : Media general.

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_{ij} : error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS (TEMPERATURA, OXÍGENO DISUELTO, PH, ALCALINIDAD TOTAL, NITRATOS) DEL AGUA EN LOS ACUARIOS TRATADOS CON DOS FUENTES DE CAL.

Los resultados de los análisis de varianza para la evaluación de dos fuentes de cal: agrícola e hidratada, comparados con un tratamiento control, sin cal, sobre las variables del agua de cultivo de crías de tilapia roja, determinaron diferencia estadística ($P < 0,05$) entre oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total y nitratos, no obstante, la temperatura no mostró variación entre los tres tratamientos (Cuadros 1 al 5 del Apéndice).

En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la prueba de media de Tukey aplicada a los tres tratamientos, se observa que el control es diferente a los tratamientos donde se aplicaron los dos tipos de cal, los cuales se comportaron de manera similar.

Cuadro 1. Resultados obtenidos para las variables del agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos fuentes de cal.

Variables	Tratamiento 1 Control	Tratamiento 2 CaCO ₃	Tratamiento 3 Ca(OH) ₂
Temperatura (°C)	27,37 ^a ± 0,47	27,63 ^a ± 0,47	27,62 ^a ± 0,47
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5,25 ^b ± 0,20	6,27 ^a ± 0,22	6,85 ^a ± 0,67
pH	6,25 ^b ± 0,28	8,00 ^a ± 0,71	8,75 ^a ± 0,64
Alcalinidad (mg CaCO ₃ /L)	70,00 ^b ± 9,12	108,5 ^{ab} ± 19,89	145,00 ^a ± 50,0
Nitratos (mg/L)	43,75 ^a ± 4,78	6,75 ^b ± 2,36	7,50 ^b ± 2,88

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística ($P < 0,05$) entre los tratamientos

Temperatura

En el Cuadro 1 del apéndice, se muestran los resultados del análisis de varianza, de cada tratamiento para la variable temperatura, donde se evidenció que no hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. Esto demuestra que los valores de temperatura registrados durante el ensayo para los tres tratamientos evaluados se mantuvieron estables. En la figura 14 se puede observar el comportamiento de la variable temperatura durante el ensayo.

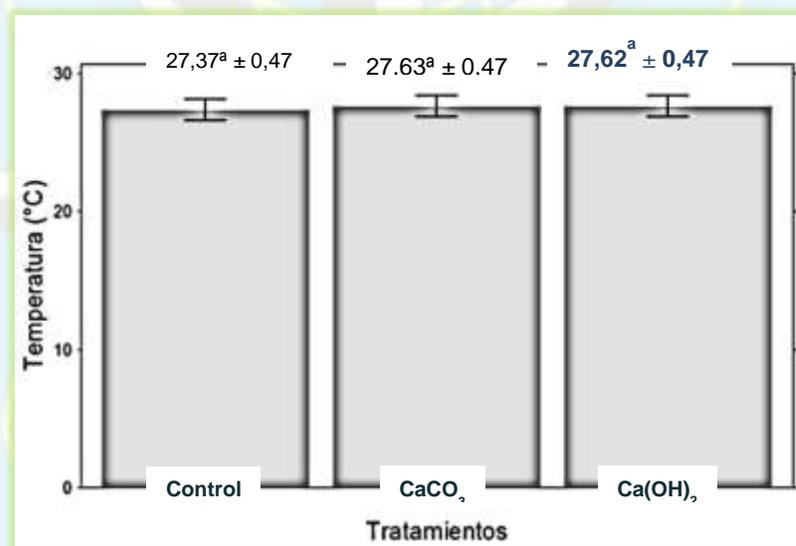


Figura 14. Comportamiento de la temperatura del agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos tipos de cal

La variable temperatura es de gran importancia para el agua de cultivo de peces, al mantenerla en los valores adecuados para la especie se evita el estrés de estos, lo cual afecta la tasa metabólica y crecimiento, aumentando la tasa de mortalidad. Los valores se mantuvieron dentro del rango óptimo (de 20 a 30°C) para la especie durante los 25 días de ensayo, esto puede atribuirse a las condiciones del laboratorio, por ser un ambiente cerrado sin

aires acondicionados, incidencia directa de los rayos solares o la entrada de aire exterior; la temperatura para los tres tratamientos fue constante. Los tratamientos no se vieron influenciados por la aplicación de los diferentes tipos de cal utilizados durante el estudio.

Perdomo *et al.* (2012) reportan temperaturas para el cultivo de tilapia roja, en condiciones de zona tropical, entre los 27 y 28 °C, similares a las obtenidas en este ensayo, sin embargo Cantor (2007) afirma que el rango de temperatura para el cultivo de tilapia debe mantenerse entre 28 y 32 °C. Por su parte Popma (1999) afirma que tanto para el crecimiento como para la reproducción de tilapia la temperatura optima debe ser mayor a 26 °C, en este sentido los resultados obtenidos para esta investigación en los tres tratamientos se consideran buenos para la especie.

Upsana (2012) evaluando los efectos del encalado en la calidad de agua de cultivo bajo condiciones de cultivo de peces al aire libre, reportó un rango de temperatura de 23,2 a 27,7 °C para los diferentes tratamientos, señalando que la variación temporal de temperatura en los tratamientos durante el experimento tuvo diferencias significativas, no obstante la variación entre los tratamientos durante el muestreo no tuvo significancia.

Sipauba *et al.* (2003) estudiaron en juveniles de *Colossoma macropomum*, tres dosis diferentes de una enmienda calcárea comercial, reportaron temperaturas de 26,39 a 27,19 °C, sin diferencia estadística entre las dosis, valores similares a los obtenidos en este ensayo.

Oxígeno Disuelto

El análisis de varianza para la variable oxígeno disuelto (OD) mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, de acuerdo a la prueba de media de Tukey, las unidades experimentales, donde se aplicaron las fuentes de cal, no mostraron diferencias entre ellas, pero si con respecto al tratamiento 1, en el Cuadro 2 del apéndice se puede apreciar el comportamiento que tuvo el oxígeno disuelto durante el ensayo para los tres tratamientos evaluados y en la (Figura 15), se ilustra el comportamiento de esta variable durante el ensayo.

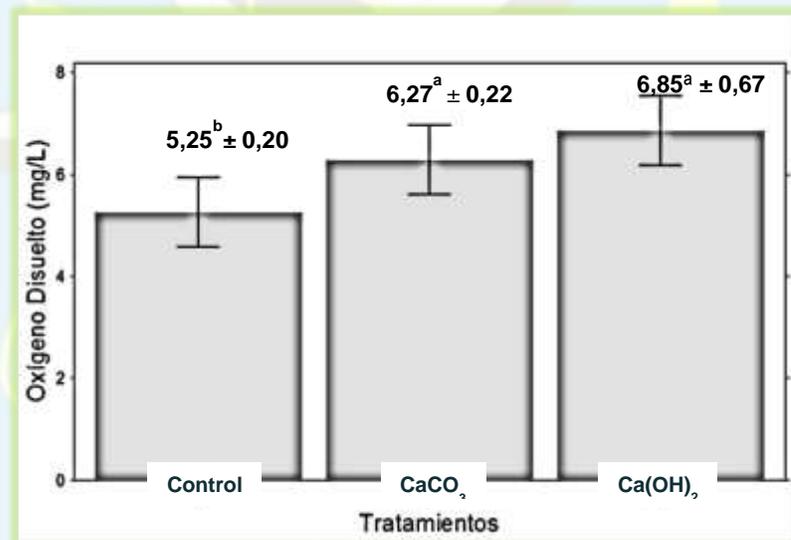


Figura 15. Comportamiento del oxígeno disuelto en el agua de cultivo de crías de tilapia roja, tratadas con dos tipos de cal.

La mayor concentración de oxígeno disuelto (6,85 mg/L), se presentó en el tratamiento 3, donde se aplicó cal hidratada, seguida de los acuarios tratados con cal agrícola (6,27 mg/L), el valor más bajo se registró en el tratamiento 1 con (5,25 mg/L). Es importante resaltar que a pesar de la

diferencia estadística entre los tratamientos, estos valores están dentro del rango promedio para crías de tilapia roja.

El nivel de oxígeno disuelto presente en el agua de cultivo es el indicador más crítico entre los factores de calidad del agua, cuando los niveles son bajos en esta los peces dejan de alimentarse, afectando su crecimiento, conversión alimenticia, aumentando la vulnerabilidad a enfermedades hasta ocasionar la muerte por falta de este elemento.

Los niveles de oxígeno disuelto obtenidos durante el ensayo pueden estar relacionados con la temperatura del agua de los acuarios, la cual fue una medida constante durante todo el ensayo. La disminución del nivel de OD para los acuarios con el tratamiento control, pudo ser debido al estrés provocado en los peces por estar en un medio ácido, afectando su consumo de alimento, por consiguiente una mayor cantidad de materia orgánica en descomposición en el fondo de los acuarios, lo cual mediante su degradación consume oxígeno; la aplicación de cal favorece la descomposición de esta, haciendo que su acumulación en el fondo sea menor. No obstante los resultados obtenidos para el tratamiento 1 (control) siguen dentro del rango recomendado para la especie.

Guzmán (2001), señala que la concentración óptima de oxígeno disuelto para el buen desarrollo de la tilapia roja debe ser mayor a 5 mg/L, sin embargo la especie tiene la facultad de reducir su consumo cuando baja la concentración del mismo, aunque esto retrasa su crecimiento.

Por su parte, Alamilla (2002) y Rodríguez (2002), coinciden en que la concentración de oxígeno disuelto en el agua, para mantener un cultivo exitoso de tilapia, deberían estar por encima de 4 mg/L, en este ensayo los

valores obtenidos superan los valores recomendados por los autores mencionados.

Kohinoor *et al.* (1999) trabajando durante cinco meses con cultivos de tilapia roja y tilapia del Nilo en estanques de tierra previamente encalados y fertilizados, reportaron concentraciones máximas de oxígeno disuelto de 6,6 mg/L, señalando que no hubo diferencias significativas entre los diferentes estanques.

Barbosa *et al.* (2014) probaron cuatro tratamientos en el agua de cultivo de juveniles de tilapia del Nilo, en tanques de polietileno acidificados con ácido clorhídrico, a los que agregaron: carbonato de sodio más sulfato de calcio, carbonato de sodio más cloruro de sodio, carbonato de calcio y un control (sin calcio), no determinaron diferencia estadística para las concentraciones de oxígeno disuelto de los tanques tratados con cal (6,4 a 6,8 mg/L), pero si para el grupo control (4,0 mg/L). Estos resultados son similares a los obtenidos en esta experiencia, para los tipos de cal (carbonato de calcio y cal hidratada), sin embargo no para el tratamiento control.

Boyd (1984), señala que la aplicación de hidróxido de calcio cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, removerá el dióxido de carbono permitiendo a los peces una mejor utilización de las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua de los estanques. Cuando se inició esta investigación la concentración de oxígeno disuelto para los tres tratamientos se estabilizó en 6 mg/L, por lo tanto la variación de los resultados obtenidos se atribuye al efecto de los tratamientos y a la interacción de los peces.

Los resultados de este ensayo superan a los obtenidos por Schmidt (2011) realizó un estudio sobre el efecto de tres enmiendas calcáreas y un

tratamiento control sin calcio, sobre la calidad del agua y desempeño zootécnico del camarón (*Litopenaeus vannamei*) cultivado con tecnología de bioflocs (BFT) alcanzando concentraciones de 5 mg/L de OD para el tratamiento con cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

pH del agua

Con respecto a los resultados obtenidos para pH, el análisis de varianza, arrojó diferencia estadística ($P < 0,05$) entre los tratamientos evaluados (Cuadro 3 del apéndice). La prueba de Tukey permite separar los tratamientos en dos grupos: las fuentes de cal, T2 y T3 presentaron promedios cercanos y estadísticamente iguales ($8,00 \pm 0,71$ y $8,75 \pm 0,64$), mientras que el tratamiento 1 mostró pH $6,25 \pm 0,28$, el cual se considera bajo para el adecuado desarrollo de las tilapias y en general de la mayoría de las especies de peces de aguas cálidas. En la Figura 16 se expone la respuesta del pH a los tratamientos aplicados.

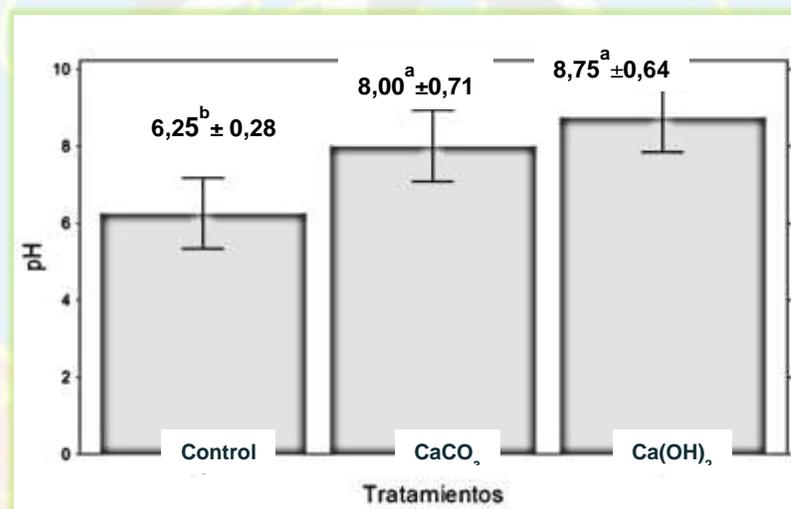


Figura 16. Respuesta del pH a la aplicación de dos tipos de cal al agua de cultivo de crías de tilapia roja

Los resultados obtenidos durante el ensayo afirman que el encalado de medios ácidos (tanto el agua como el suelo), mejora las condiciones del agua para el cultivo de tilapia independientemente de la enmienda calcárea aplicada, aumentando y manteniendo los valores para pH dentro del rango para la producción piscícola, agregar cal a los suelos ácidos de estanques incrementa el pH, permitiendo mejor liberación de los nutrientes.

La cal aplicada en el estanque reacciona con el suelo del fondo, permitiendo la neutralización de la acidez causada por aluminio, hierro y magnesio, que son los elementos responsables de la acidez, al aportar al área de cultivo, calcio y/o magnesio, al mismo tiempo permite la liberación de nutrientes fijados en el fondo del cultivo.

Los niveles de pH obtenidos para el tratamiento control (T1) ocasionaron alteraciones en los peces interfiriendo directamente sobre los procesos fisiológicos, lo cual hace evidente la necesidad del uso de alguna enmienda calcárea para mejorar y estabilizar la calidad del agua. Estos resultados dejan en claro que tanto el carbonato de calcio (T2) como la cal hidratada (T3) son capaces de aumentar eficientemente el pH del agua para el cultivo tilapia roja.

Wilkinson (2002) menciona que el agua de estanques para el cultivo de peces, con niveles de pH entre 3,6 a 6 son asociadas a una producción pobre, afirmando que materiales comunes de encalado como cal agrícola, cal líquida, hidróxido de calcio, óxido de calcio, aumentan el pH a niveles favorables para la acuicultura. Por su parte Arboleda (2006), afirma que el rango aceptable para el cultivo se extiende entre 6,5 y 8,5; fuera de este rango el pez deja de alimentarse o lo hace en menor cantidad, se le bajan las

defensas, y valores más lejanos del rango óptimo pueden provocar mortalidades masivas.

Kubitza (2011) evaluando en un cultivo de tilapias en estanques rústicos sin renovación de agua y aplicación de cal hidratada, alcanzó valores de pH de 8, similares a los obtenidos en este ensayo. Por su parte Upsana (2012) evaluando los efectos del encalado en la calidad de agua de cultivo bajo condiciones al aire libre, obtuvo valores de 7,43 a 7,76 aplicando diferentes dosis de CaCO_3 .

Kohinoor *et al.* (1999) trabajando con cultivos de tilapia roja y tilapia del Nilo en estanques de tierra previamente encalados y fertilizados, obtuvieron niveles de pH de 7,1 a 8,3 señalado que no hubieron diferencias significativas entre los diferentes estanques.

Cantor (2007) señala que el rango de pH adecuado para el cultivo de tilapia es de 7 a 9, debiéndose controlar las variaciones de pH, ya que valores superiores o inferiores a este margen pueden generar cambios en el comportamiento de los peces como letargia e inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y el crecimiento, valores cercanos a 5 producen mortandad en un periodo de tres a cinco horas por fallas respiratorias. Al respecto, Guzmán (2001) señala que la tilapia roja crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino cuyos valores oscilan entre 7 y 8, ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel.

Cavalcante *et al.* (2012) con el objetivo de evaluar el efecto individual y simultaneo del aumento de la alcalinidad total del agua (TA) y la dureza total (TH) en el crecimiento y calidad del agua de cultivo de juveniles de tilapia del Nilo, aplicaron diferentes enmiendas (CaCO_3 , Na_2CO_3 y CaSO_4) sobre agua

previamente acidificada con HCl y los compararon con un tratamiento control (agua más HCl) obtuvieron pH de 7,8 para el tratamiento de carbonato de calcio (CaCO_3) valores parecidos a los de este ensayo para el (T2) con el mismo tipo de enmienda calcárea.

Sipauba *et al.* (2003) en estudio con juveniles de *Colossoma macropomum*, utilizaron tres dosis diferentes de una enmienda calcárea comercial y alcanzaron niveles de pH entre 6,71 y 7,58, valores inferiores a los obtenidos durante esta investigación. Por otro lado, Queiroz *et al.* (2004) evaluaron tres técnicas diferentes, encalado directamente con cal agrícola sobre la superficie del agua del estanque, aplicación uniforme sobre el suelo del fondo del estanque vacío y distribución uniforme sobre el fondo del estanque vacío luego del arado) los resultados no mostraron diferencia entre las técnicas aplicadas, obtuvieron pH de 6,71; una respuesta inferior a la de este ensayo.

Schmidt (2011) evaluó el efecto del Hidróxido de Calcio (Ca(OH)_2), Carbonato de sodio (NaHCO_3) y Bicarbonato de Sodio (Na_2CO_3) en la calidad del agua y desempeño zootécnico del camarón (*Litopenaeus vannamei*) cultivado con tecnología de bioflocs (BFT) y un tratamiento control sin calcio, obtuvieron diferencias significativas entre las variables físico-químicas y biológicas entre tratamientos. Las aplicaciones de carbonato y bicarbonato de sodio resultaron favorables a la calidad de agua. Los niveles de pH disminuyeron a lo largo del cultivo, por lo tanto es necesaria la corrección del pH a través de la aplicación de materiales carbonáticos o hidróxido de calcio.

Alcalinidad total

En relación a la variable alcalinidad total, el resultado obtenido para el análisis de varianza, mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos 1 y 3 ($70,00 \pm 9,12$ y $145,00 \pm 50,00$ respectivamente); obteniendo el mejor resultado el tratamiento 3. En cuanto al tratamiento 2 arrojó valores de $108,5 \pm 19,89$, estadísticamente similares a los tratamientos 1 y 3; como se muestra en el Cuadro 4 del apéndice. El comportamiento durante el ensayo de la variable alcalinidad se señala en la figura 17.

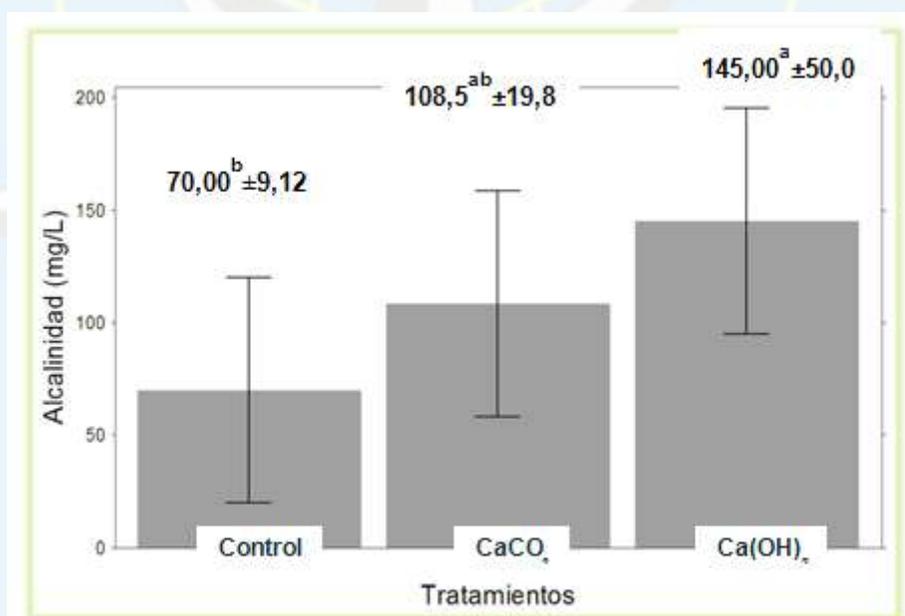


Figura 17. Respuesta de la alcalinidad total a la aplicación de dos tipos de cal al agua de cultivo de crías de tilapia roja

Agua de baja alcalinidad, generalmente son fuertemente ácidas y no recomendadas para el cultivo de especies piscícolas, las aplicaciones de productos calcáreos al suelo del cultivo tienen efecto directo en el incremento de niveles de alcalinidad. En este ensayo, los resultados obtenidos para el tratamiento control (T1) no están dentro del rango aceptable para la

producción de tilapia, esto hace que el agua tenga una menor capacidad de neutralizar la acidez del medio y resistir cambios repentinos de pH, lo cual afecta la vida acuática considerablemente.

Por su parte, las concentraciones de los iones de carbonato de calcio para los tratamientos T2 (CaCO_3) y T3 Ca(OH)_2 tuvieron un incremento favorable para el cultivo de la especie, con menos variaciones de pH, en esta condición los peces fueron menos expuestos a estrés ácido perjudicial para su tasa de crecimiento.

Evidentemente se pudo comprobar que en aguas con baja alcalinidad y pH ácido es efectiva la aplicación de carbonato de calcio (CaCO_3) o cal hidratada (Ca(OH)_2) debido a que ayuda a prevenir los cambios repentinos de pH en el cultivo, los cuales afectan la calidad del agua y la productividad general de la unidad de cultivo.

Según Wicki y Gromedia (1997) el valor ideal de alcalinidad total para el agua de cultivo de la tilapia debe estar en un rango de 100 a 200 mg CaCO_3/L . Por su parte Kubitzka (2011), trabajando con tilapias en estanques rústicos sin renovación de agua y aplicación de cal hidratada, obtuvo para el parámetro alcalinidad total un valor mínimo de 60 mg CaCO_3/L y valor máximo de 100 mg CaCO_3/L .

Cavalcante *et al.* (2009), evaluando el efecto del encalado con carbonato de calcio para la calidad del agua de cultivo y crecimiento en tilapia, obtuvieron valores para alcalinidad de 59,2 mg CaCO_3/L . Afirman que a pesar de estar dentro del rango adecuado para la acuicultura, no fue capaz de amortiguar satisfactoriamente el pH del agua por la producción excesiva de fitoplancton.

Los resultados de Cavalcante *et al.* (2009), 59,2 mg CaCO₃/L y los obtenidos en esta investigación para el tratamiento control (70,00 mg CaCO₃/L) están dentro del rango según las estimaciones de Alamilla (2002), quien considera como adecuado un valor de 75 mg CaCO₃/L, no obstante se pudo observar con el transcurso de los días durante el ensayo que el pH fue disminuyendo, lo que evidencia en ambos casos, que una alcalinidad menor de 75 mg CaCO₃/L no es capaz de amortiguar los cambios de pH. En los tratamientos donde se aplicó carbonato de calcio y cal hidratada con una alcalinidad por encima de 100 mg CaCO₃/L, se observó un nivel pH neutro y satisfactorio para el cultivo.

Barbosa *et al.* (2014), experimentado con diferentes alternativas de mezclas de cal para la producción piscícola, para la variable alcalinidad obtuvieron diferencias significativas con el tratamiento con CaCO₃ (60,99 ± 23,3) con respecto al tratamiento control (7,44 ± 5,8). Por su parte, Queiroz *et al.* (2004) trabajando con tres métodos para la aplicación de cal, reportaron una alcalinidad con valor promedio de 25,6 a 33,2 mg CaCO₃/L en los estanques con los tres tratamientos, la alcalinidad total se mantuvo por encima de los 25 mg CaCO₃/L durante todo el estudio.

Cavalcante *et al.* (2012) evaluaron el efecto individual y simultaneo del aumento de la alcalinidad total del agua (TA) y la dureza total (TH) con respecto a la calidad del agua de cultivo de juveniles de tilapia del Nilo, para ello aplicaron diferentes enmiendas (CaCO₃, Na₂CO₃ y CaSO₄) sobre agua previamente acidificada con HCl y los compararon con un tratamiento control (agua más HCl). La calidad del agua resultó mejor la tratada con CaCO₃ debido al aumento significativo de la alcalinidad total.

Por otra parte, en un estudio trabajando con juveniles de *Colossoma macropomum*, donde se utilizaron tres dosis diferentes de una enmienda calcárea comercial: T1 (75g/m²), T2 (150g/m²) y T3 (300g/m²), Sipaubá *et al.* (2003) alcanzaron valores para alcalinidad de 35,85; 42,94 y 44,08 mg CaCO₃/L para cada tratamiento respectivamente.

Nitratos (NO₃)

El Cuadro 5 del apéndice, muestra el análisis de varianza para la variable nitratos, el cual demostró que existen diferencias significativas ($P < 0,05$), para los tratamientos evaluados. Los tratamientos T2 y T3 obtuvieron los mejores resultados, con concentraciones de 6,75 mg/L \pm 2,36 y 7,50 mg/L \pm 2,88 respectivamente, estos valores se encuentran dentro del rango adecuado para la cría de tilapia.

El tratamiento 1 alcanzó una concentración de 43,75 mg/L \pm 4,78 este valor se considera no seguro para los peces por periodos prolongados, esta concentración puede atribuirse a la degradación del alimento no consumido, heces y productos de excreción de los peces, ya que el tratamiento control tuvo niveles más bajos de pH, y menores concentraciones de oxígeno disuelto y alcalinidad, lo cual produjo estrés en los peces y también menos consumo del alimento, es decir, mayor descomposición de compuestos nitrogenados, en la Figura 18 se presentan las respuestas de la variable nitratos a los tratamientos, se observa diferencia entre los tratamientos.

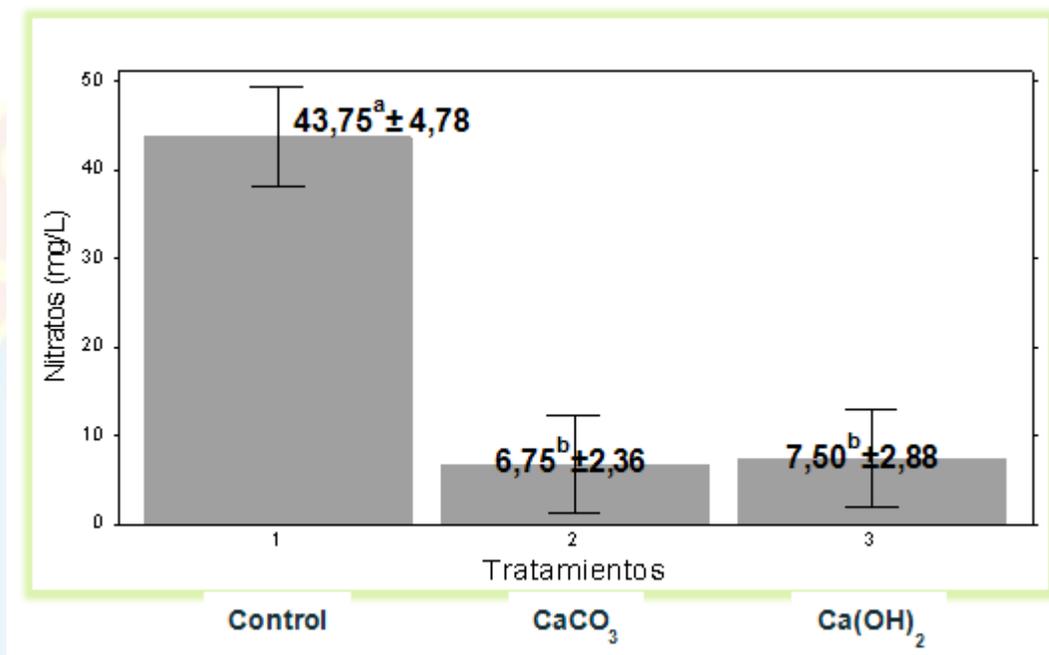


Figura 18. Concentración de nitratos en el agua de cultivo con dos tipos de cal

Wicki y Gromedia (1997) señalan que los valores de nitratos en el agua de cultivo de tilapia, deben mantenerse por debajo de los 10 mg/L para su correcto desarrollo y producción, al respecto Luchini (2006) afirmó que la concentración de nitratos en el agua como producto final de la degradación del amoníaco (no tóxico) podrá situarse en los 10 mg/L.

El nitrato es el último producto del ciclo del nitrógeno, es el compuesto químico menos tóxico de este proceso, esto cambia cuando asciende a concentraciones no seguras por periodos largos, al acumularse la materia orgánica en el fondo este aumenta sus niveles en el agua, la acumulación de materiales de desecho en los estanques de cultivo ocasiona estrés en los peces, debido a que disminuye las concentraciones de oxígeno disuelto al ser utilizado para su descomposición y aumenta la acidez en el agua por el aporte excesivo de nitrógeno. La aplicación de cal a los estanques, favorece

y aumenta la velocidad de la descomposición de los desechos, en consecuencia, la materia orgánica se reduce y acumula menos en el fondo, lo que evita niveles de nitratos desfavorables para la producción.

Para evaluar los efectos sobre la tilapia, Monses (2014), expuso juveniles de tilapia a cinco concentraciones de nitrato de 0, 10, 100, 500 y 1000 mg/L NO₃-N a una temperatura del agua de 27,3 °C. En el tratamiento de nitrato más alto, se produjo la mortalidad de tres peces (tasa de supervivencia del 62,5%) la tasa de crecimiento específica, en este tratamiento también disminuyó significativamente en un 29% y se observó que el índice de conversión alimenticia se redujo (56%). Los resultados del estudio mostraron que las altas concentraciones de nitrato pueden afectar el crecimiento, salud y desarrollo de la tilapia. Por lo tanto, el NO₃ debe mantenerse a menos de 50 mg/L, ya que no se observaron efectos graves en este nivel.

CRECIMIENTO EN PESO DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA

El Cuadro 2, muestra las respuestas para las variables peso inicial, peso final y crecimiento absoluto en peso (CAP) de las crías de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) de los tres tratamientos aplicados. El peso final y crecimiento absoluto en peso (CAP) fueron mayores y estadísticamente diferentes ($P < 0,05$) en el tratamiento 2, con relación al tratamiento 1 (control) y similares al tratamiento 3, donde el único factor de variación fueron los diferentes tipos de cal.

Se observan valores superiores para el tratamiento 2 (CaCO₃) a base de carbonato de calcio, a razón de 6 gramos por unidad experimental, durante un periodo de 25 días. El análisis de varianza para la variable peso

inicial, no mostró diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) ya que los peces evaluados al inicio del ensayo tenían un peso estadísticamente similar, como se muestra en el Cuadro 6 del apéndice. Con respecto a las variables peso final y crecimiento absoluto en peso, se aprecian diferencias significativas ($P < 0,05$) de los tratamientos con cal (T2 y T3) evaluados, que estadísticamente son iguales con respecto al tratamiento control (Cuadros 7 y 8 del apéndice).

Cuadro 2. Crecimiento en peso (gramos) de las crías de tilapia roja.

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
	Control	CaCO ₃	Ca(OH) ₂
Peso inicial	2,92 ^a ± 0,58	2,84 ^a ± 0,58	2,54 ^a ± 0,06
Peso final	4,03 ^b ± 0,35	6,10 ^a ± 0,55	5,70 ^a ± 0,24
CAP	1,11 ^b ± 0,48	3,26 ^a ± 0,69	3,15 ^a ± 0,24

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística ($P < 0,05$) entre los tratamientos

Peso final

Con respecto a los resultados obtenidos para peso final de los peces, el mejor resultado durante el ensayo fue obtenido por el tratamiento 2 (CaCO₃) con 6,10 g ± 0,55 seguido del tratamiento 3 (Ca(OH)₂) sin diferencia estadística entre ambos, con valor de 5,70 g ± 0,24, sin embargo estos mostraron un mayor peso final significativamente diferente ($P < 0,05$) en comparación con el tratamiento 1 (control) el cual presentó el menor promedio con 4,03 g ± 0,35 como se muestra en el Cuadro 7 del apéndice.

Se hace evidente el efecto del encalado con carbonato de calcio, sobre el peso final de los peces, debido a que al iniciar el ensayo el peso promedio de las crías de tilapia fue entre 2,54 y 2,92 gramos, al culminar, los diferentes grupos de peces tratados con los dos tipos de cal mostraron diferencia significativa ($P < 0,05$) en relación a los peces del grupo control (Figura 19).

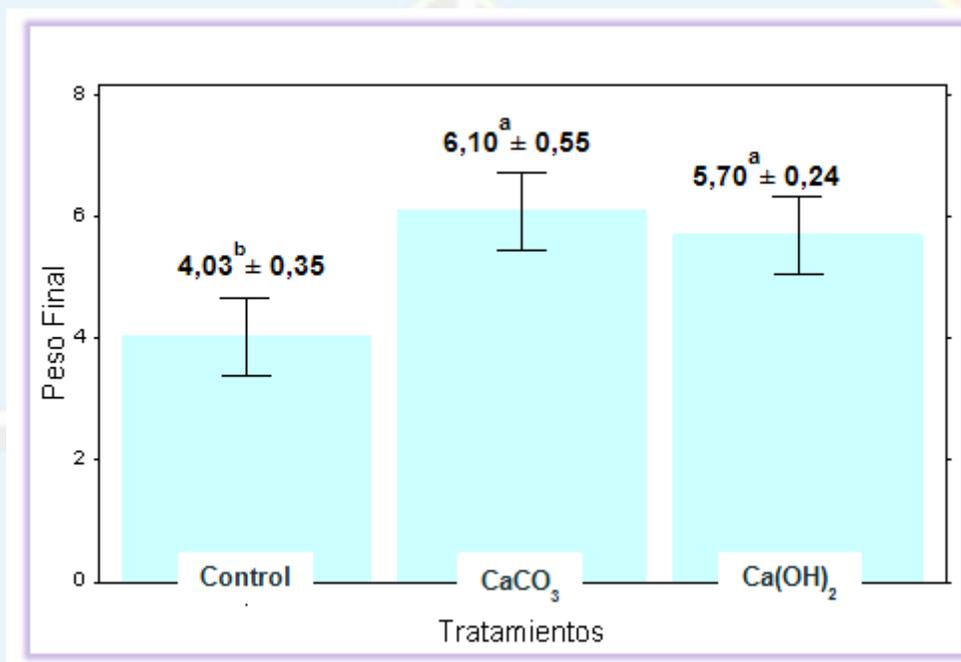


Figura 19. Peso final de las de las crías de tilapia roja cultivadas en aguas con dos tipos de cal

Los resultados obtenidos demuestran que el crecimiento de los peces es consecuencia directa de la calidad del agua, la cual en esta investigación estuvo determinada por los tipos de cal aplicados en los tratamientos 2 y 3, donde las condiciones del agua mejoraron y se estabilizaron, en consecuencia, hubo mayor aprovechamiento del alimento debido a que la aplicación de las enmiendas calcáreas carbonato de calcio (CaCO_3) y cal hidratada (Ca(OH)_2) logró que los peces se encontraran en un medio

acuático sin estrés por cambios repentinos en el pH, bajas concentraciones de oxígeno disuelto o altas concentraciones de nitratos en el agua.

Además el uso de cal controla parásitos y enfermedades en los estanques, estas problemáticas tienen una relación directa sobre la ganancia de peso, al reducir la ingesta de alimento. Condiciones adversas como baja calidad del agua de cultivo, compromete el crecimiento de los peces, aumentando costos en la alimentación. El uso adecuado de enmiendas a base de calcio puede mejorar significativamente la ganancia de peso final en producciones piscícolas.

Al respecto Ntengwe y Edema (2008), explican que aguas con alcalinidad moderada a alta son mejor para la cría de peces porque sufren menos variaciones de pH durante el día y a lo largo del ciclo de producción, en esa condición, los peces son menos expuestos al estrés ácido o alcalino que puede perjudicar su tasa de crecimiento y hacerlos susceptibles a enfermedades. Como se observó en este ensayo, en los tratamientos donde se aplicó cal se obtuvieron valores adecuados de alcalinidad y pH y se registró mayor crecimiento.

Arce y Boyd (1975), compararon el crecimiento de tilapia aurea en estanques tratados con cal agrícola con estanques sin cal, obtuvieron 25% más de peso en el cultivo encalado, donde además hubo tasas más altas de productividad de fitoplancton y aumento de cuatro veces en la dureza y la alcalinidad total.

Cavalcante *et al.* (2009), evaluando el efecto del encalado con carbonato de calcio para la calidad del agua de cultivo y crecimiento en tilapia, reportaron valores para peso final de $6,35 \pm 0,09$ gramos,

demostrando que el peso final en el agua encalada, fue diferente significativamente de las aguas no tratadas y acidificadas con HCL.

Cavalcante *et al.* (2012) con el objetivo de evaluar el efecto individual y simultaneo del aumento de la alcalinidad total (TA) y la dureza total del agua (TH) en el rendimiento del crecimiento y calidad del agua de cultivo de juveniles de tilapia del Nilo, aplicaron diferentes enmiendas (CaCO_3 , Na_2CO_3 y CaSO_4) sobre agua previamente acidificada con HCl y los compararon con un tratamiento control (agua más HCl). Obtuvieron un peso final de $3,8 \pm 0,07$ a $4,8 \pm 0,21$, en los acuarios donde la alcalinidad total alcanzó mayores concentraciones fue en los tratados con carbonato de calcio (CaCO_3).

Crecimiento absoluto en peso de las crías de tilapia roja

El crecimiento absoluto en peso de las crías de tilapia roja en los tres tratamientos evaluados en este ensayo, se evidencia en la figura 20 y en el Cuadro 8 del apéndice se puede verificar que el mejor resultado fue para el T2 ($3,26 \pm 0,69$) valor similar con el tratamiento 3 ($3,15 \pm 0,241$), diferenciándose estadísticamente del T1 con un valor de crecimiento absoluto en peso de ($1,11 \pm 0,48$) Esto permite señalar que el tratamiento 2 (carbonato de calcio) fue el más favorable durante el ensayo para esta variable, evidenciando el resultado del tratamiento 1 (control) donde las variables del agua, específicamente el pH estaba por debajo de los rangos recomendados para el buen crecimiento de las crías de tilapia roja.

En los tres tratamientos evaluados en este ensayo, se hace evidente el efecto de los tipos de cal. Mejorar la calidad del agua, influye sobre el aumento de peso, debido que al iniciar el ensayo el de las crías pesaban entre 2,54 y 2,92 gramos y al culminar 25 días después, los peces de los

acuarios encalados duplicaron el peso, marcando diferencia estadística ($P \leq 0,05$) con respecto a los del tratamiento control.

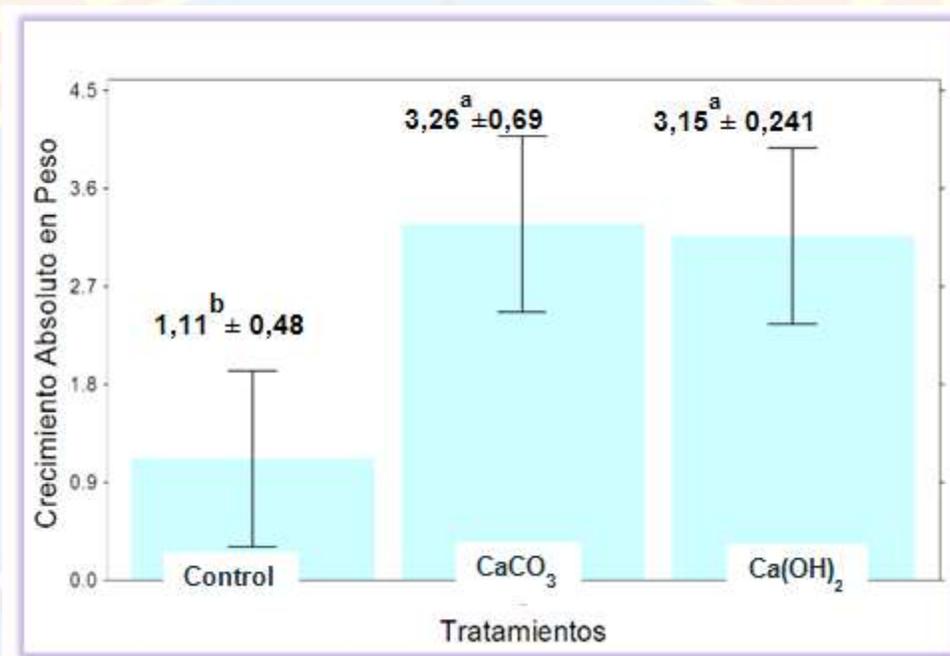


Figura 20. Crecimiento absoluto en peso de las crías de tilapia roja cultivadas en aguas con dos tipos de cal

Los resultados demuestran que la aplicación de cal favorece el crecimiento en los peces, su uso razonable mejora significativamente la calidad del agua, lo cual permitió que los peces tuvieran mejor aprovechamiento del alimento balanceado, ya que el crecimiento de estos está determinado por la cantidad de alimento ingerido; al encontrarse en un ambiente favorable para su crecimiento con niveles apropiados de temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y nitratos, estos son capaces de consumir el alimento suministrado, evitando la acumulación de desechos en el fondo de los acuarios, que afectan la calidad de esta, y así obtener mayor beneficio al utilizar los nutrientes contenidos. Es importante para la producción piscícola, el óptimo crecimiento de los peces y en corto tiempo, el

manejo de las unidades de cultivo con cal, asegura que el sustrato alcance valores favorables para el adecuado crecimiento y mantenimiento de los peces.

Barbosa *et al.* (2014), considerando que en estanques acuícolas, el carbonato de calcio es un producto seguro para encalar, pero de acción lenta y la cal viva aunque es de acción rápida, representa un peligro para las especies cultivadas, compararon el rendimiento y crecimiento de juveniles de tilapia del Nilo criados en tanques de polietileno acidificados con ácido clorhídrico (HCl) y sometidos a dos mezclas alternativas de cal: carbonato de sodio más sulfato de calcio, conocido como yeso agrícola ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaSO}_4$) y carbonato de sodio más cloruro de sodio ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$) con el rendimiento de juveniles en tanques encalados con carbonato de calcio (CaCO_3) como tratamiento control. Los resultados obtenidos permitieron concluir que las mezclas alternativas de cal son capaces de aumentar el pH y la alcalinidad total del agua tan eficientemente como el CaCO_3 la mezcla alternativa de $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2$ para encalado fue mejor que el CaCO_3 para el crecimiento de tilapia del Nilo.

Chakraborty y Banerjee (2010) en la India, trabajando con tilapias en estanques rústicos, encalados a razón de 250 kg/ha, evaluaron el rendimiento diario en crecimiento en peso, obteniendo valores de $(3,13 \text{ g} \pm 0,03)$. Por su parte, Makori *et al.* (2017) en un estudio sobre los efectos físico-químicos del agua, con tilapias criadas en estanques rústicos, lograron valores para tasa de crecimiento entre $(0,16 \text{ g/día})$ y $(1,9 \text{ g/día})$ alegando que la calidad del agua era el factor clave, responsable de los bajos rendimientos.

Chakraborty *et al.* (2011), evaluaron la ganancia de peso diaria y tasa de crecimiento en un cultivo de tilapia del Nilo en estanques rústicos, encalados con carbonato de calcio (0,25 ton/ha) alcanzando ganancias de peso diario de $(1,35 \text{ g} \pm 0,06)$. Dereje *et al.* (2016) estudiaron el crecimiento de alevines de tilapia en estanques de tierra encalados, ubicados en diferentes altitudes de Etiopía. El peso promedio inicial de los alevines fue de $5.7 \pm 0.02 \text{ g}$, consiguiendo promedio de ganancias de peso diario de $0,2 \pm 0,00$; $0,7 \pm 0,05$ y $0,8 \pm 0,04 \text{ g}$ y mostrando resultados para peso final de $18,2 \pm 0,02$; $52,4 \pm 0,97$ y $63,7 \pm 0,50 \text{ g}$.

Mahfujul *et al.* (2017) realizaron un experimento para estudiar el efecto de la frecuencia de alimentación en el crecimiento y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un período de cuatro meses. El experimento se realizó en seis estanques, fertilizados siete días después del encalado. El peso promedio inicial de los peces fue de $7,5 \text{ g}$, obteniendo un peso final promedio de $329,38 \pm 2.05$, el valor más alto para crecimiento absoluto ($323,68 \text{ g}$) se encontró en los peces que fueron alimentados cuatro veces al día.

SOBREVIVENCIA DE LAS CRÍAS DE TILAPIA ROJA

En el Cuadro 3, se muestran los resultados del número final de peces en este ensayo, donde se aprecia que el número final más alto de peces, se logró en el tratamiento 2, con trece peces (65% de sobrevivencia), seguido por el tratamiento 3, con seis peces (30% de sobrevivencia), los valores más bajos fueron para el tratamiento 1, con un número final de tres peces (15% de sobrevivencia).

Cuadro 3. Supervivencia de crías de tilapia roja (*Oreochromis spp.*)

Variables	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
Nº Inicial	20	20	20
Nº Final	3 ^b	13 ^a	6 ^a
% Supervivencia	15	65	30

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia estadística ($P < 0,05$) entre los tratamientos

Es importante reconocer que la respuesta de estos peces, desde el punto de vista de la supervivencia, a los tratamientos evaluados no fue satisfactoria, según García *et al.* (2000); Garduño *et al.* (2003); Saavedra (2006) y Kubitzka (2009) esta especie se caracteriza por una elevada supervivencia, generalmente de 80 a 100%.

Los resultados del número final de peces en este ensayo, evidencian una baja supervivencia de las crías de tilapia roja en los tres tratamientos evaluados, lo cual deja claro la influencia del agua, en el cultivo de peces. En el tratamiento control, donde no se aplicó cal para corregir el pH del agua, que era de 6,5 al inicio del ensayo (Cuadro 11 del apéndice) desde el segundo día después de introducir los peces, se observaron muertes, al final del ensayo solo sobrevivieron tres crías, hubo una repetición donde todos los peces murieron. En este tratamiento, se registró descenso en los niveles del pH (de 6,5 a 6,25) y aumento de la concentración de nitratos, que llegó a 43,75 mg/L, valor que se considera tóxico para el agua de cultivo de peces.

En los tratamientos donde se aplicó cal (T2 y T3), las condiciones del agua de cultivo registraron valores dentro del rango que señalan los autores mencionados, como apta para tilapia roja, la supervivencia fue mayor, sin embargo se vio afectada por una falla general de energía eléctrica que se

prolongó más de 72 horas y afectó el desarrollo del ensayo, al interrumpirse la aireación de los acuarios, empezaron a alterarse las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua y en consecuencia ocurrieron muertes de peces, primero en las unidades experimentales tratadas con cal hidratada y luego en las que tenían cal agrícola, lo que obligó a clausurar los muestreos, para ese momento era el día 25 del ensayo.

Lo ocurrido en este ensayo demuestra la importancia de una adecuada preparación del agua para garantizar la sobrevivencia de los peces, debido a que los sustratos utilizados, tanto el suelo como el agua, tenían pH ácido (Cuadros 10 y 11 del apéndice) y se observó en el tratamiento sin aplicación de cal que el suministro de alimento, sumado a los procesos metabólicos de los peces, inciden en la disminución del pH y el aumento de las concentraciones de los compuestos nitrogenados que causaron la mortalidad de los peces. No obstante en los tratamientos con carbonato e hidróxido de calcio, estos compuestos protegieron al agua aumentando la alcalinidad total y el pH (Cuadro 1) y se ven reflejados en la ganancia de peso que alcanzaron las crías de tilapia en estos tratamientos (Cuadro 2).

González y Heredia (1998), Boyd *et al.* (2002), Thunjai *et al.* (2004), Yuvanatemiya *et al.* (2011) y Barbosa *et al.* (2014) explican que el encalado, con cal agrícola, óxido de calcio, cal hidratada u otro compuesto de cal, contribuye a mantener la calidad del agua, la cal reacciona con el dióxido de carbono, formando iones de calcio y bicarbonatos solubles, que aumentan la alcalinidad y dureza del agua, elevan el pH del agua, constituyendo una reserva alcalina que actúa como un buffer para evitar grandes variaciones del mismo,

Das *et al.* (2017) evaluaron la eficacia de dos productos químicos, cal (CaCO_3) y zeolita (Biotuff) en la calidad del agua y sobrevivencia de alevines de *Labeo rohita* en estanques de tierra, durante 28 días, en sus resultados no hubo diferencias significativas en las variables de calidad del agua para los dos tratamientos, no obstante encontraron alta tasa de sobrevivencia de los alevines para esta especie, estos resultados son comparables a los de esta investigación, debido a que en ambos estudios se obtuvo mayor número final de peces en el tratamiento donde se utilizó CaCO_3 , con base en esto, se infiere que este producto al mejorar las condiciones del agua influye en la sobrevivencia de los peces cultivados.

CONCLUSIONES

Los dos tipos de cal evaluados, agrícola (CaCO_3) e hidratada (Ca(OH)_2), resultaron favorables para corregir la acidez del agua de cultivo de crías de tilapia roja (*Oreochromis* spp.).

La temperatura del agua no fue afectada por los tratamientos y se mantuvo dentro de los rangos recomendados para el cultivo de tilapia roja.

Las variables químicas, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, y nitratos del agua de cultivo, mejoraron en los tratamientos luego de la aplicación de cal agrícola y cal hidratada, hasta alcanzar valores óptimos para el cultivo de tilapia, no obstante en el tratamiento sin encalar el agua fue reduciendo su calidad con el paso de los días.

El crecimiento absoluto en peso y el peso final de las crías de tilapia roja fue superior en los peces tratados con los dos tipos de cal y estadísticamente diferente a los del tratamiento control (sin cal).

La sobrevivencia fue baja en todos los tratamientos, no obstante en el tratamiento 2 con carbonato de calcio el número final de peces fue mayor, por lo tanto las aplicaciones de cal son necesarias para garantizar la estabilidad de las condiciones del agua, el crecimiento y la sobrevivencia de los peces.

RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar cal agrícola (CaCO_3) o cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), a manera enmienda, para corregir la acidez del pH del suelo y del agua como parte de la preparación de las unidades de cultivo antes de iniciar una cría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAMILLA H. 2002. Cultivo de tilapias. ZOE Tecno Campo. México. Disponible en línea en: www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm (Acceso: 08/04/19).
- ARBOLEDA D. 2006. Limnología aplicada a la acuicultura. Revista electrónica de veterinaria REDVET. España. 7(11):6-7. Disponible en línea en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111106.html> (Acceso: 07/09/19).
- ARCE R Y BOYD C. 1975. Effects of agricultural limestone of water chemistry phytoplakton productivity and fish production in soft water ponds. Transactions of the Americans Fisheries Society. 104(2):308-312.
- ARREDONDO J Y PONCE J. 1998. Calidad del agua en acuicultura: Conceptos y Aplicaciones. AGT editor. México. pp. 222.
- AVAVULT J. 1999. Los beneficios del encalado de estanques. Nicovita. Ecuador, 4(11): 64-66.
- BALDISSEROTTO B. 2002. Fisiología de peixes aplicada à piscicultura. Editora UFSM, 212 p.
- BALTAZAR P Y PALOMINO A. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. FONDEPES. PADESCA. Lima, Perú. 64-65 p.
- BARBOSA M, DOS SANTOS F, BATIST F AND VINICIUS M. 2014. Alternative liming blends for fish culture. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Ceará, Brasil. 36(1):11-16.
- BAUTISTA J Y RUIZ J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Disponible en línea en: <http://www.fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf> (Acceso: 11/04/19).

- BERNIER R Y ALFARO M. 2006. Acidez de los suelos y efecto del encalado. Gobierno de Chile. Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA. Osorno, Chile, pp. 28.
- BHATNAGAR A AND POOJA D. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International journal of environmental sciences*. India. 3(6):1986-1987.
- BOYD C. 1984. Water quality management in aquaculture. Central marine fisheries research institute, special publication. Cochín, India, pp. 51.
- BOYD C Y MASUDA K. 1994. Características de materiales de encalado usados en estanques acuícolas. *Nicovita*. Ecuador. 1(12):76-79.
- BOYD C AND SCARSBROOK E. 1974. Effects of agricultural limestone of phytoplankton communities of fish ponds. *Archive of Hydrobiology* 74(3):336-339.
- BOYD C, WOOD C AND THUNJAI T. 2002. Aquaculture pond bottom soil quality management. *Pond Dynamics, Aquaculture Collaborative Research Support Program*, Oregon, Corvallis. pp 41.
- BOYD C AND ZIMMERMANN S. 2000. Grow-out systems: water quality and soil management. In: New, M.B. & Valenti, W.C. (Edit), *Freshwater Prawn Culture*. Blackwell Science, Oxford, England, pp. 221-238.
- CAMPO L. 2011. Tilapia roja una evolución de 29 años, de la incertidumbre al éxito. *Editorial Académica Española*. Cali, Colombia, pp. 4-15.
- CANTOR F. 2007. Manual de producción de la tilapia. *Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla*. México, pp. 135.
- CARVALHO C AND FERNANDES M. 2006. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. *Journal of environmental science Toxicology and food technology*. India. 8(1):109-117.
- CASAS D. 2008. Sistema de recirculación de agua para la cría intensiva de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Cabudare*, Venezuela: Universidad Centro Occidental Lisandro [Disertación Grado Ingeniero Agrónomo]. pp. 97.

- CATALÁN A. 2002. Administración para la construcción de centros de producción acuícola con integración de tanques de fertilización “caso costa chica del estado de Guerrero”. D. F. México, México: Instituto tecnológico de la construcción [Disertación Grado Master en Administración de la Construcción], 24 p.
- CAVALCANTE D, DE SOUSA A. CASTRO D, BATISTA F AND VINICIUS, M. 2009. Effects of CaCO_3 liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Acta scientiarum animal sciences Brazil. 31(3):330-332
- CAVALCANTE D, DA SILVA H, PINHEIRO P, FREITAS P AND DO CARMO M. 2012. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of Nile tilapia, *O. niloticus*, fingerlings culture water. Acta Scientiarum. Technology. 34(2):177-183.
- CHAKRABORTY S AND BANERJEE S. 2010. Effect of Stocking Density on Monosex Nile Tilapia Growth during Pond Culture in India. West Bengal India. International Scholarly and Scientific Research & Innovation. 4(8):646-650.
- CHAKRABORTY S, MAZUMDAR D, CHATTERJI U AND BANERJEE S. 2011. Growth of Mixed-Sex and Monosex Nile Tilapia in Different Culture Systems. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 11:131-138.
- CORNELIUS H. 1987. Manual de mineralogía. Reverte. Barcelona, España. pp. 230.
- CORRAL L, GRIZEL H, MONTES J Y POLANCO E. 2000. La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial. Fundación Alfonso Martín Escudero. Madrid, España. 1(5):59-70.
- DAS J, HOQUE R AND NESARUL M. 2017. Calci chemicals in aquafarm: water quality and survival rate of *Labeo rohita* in earthen nursery pond. Journal of Noakhali Science and Technology University (JNSTU). 1(1): 59-68.
- DEREJE D, PRABHA L, SREENIVASA V AND ABEBE G. 2016. The Growth Performance of Nile Tilapia in Earthen Ponds Located at Different Altitudes of Toke Kutaye Woreda, Ethiopia. International Journal of Aquaculture. 5(34):1-7.

- EDNA H AND BOYD C. 1997. Dynamics of pond aquaculture. CRS. Press. 1ª ed. Boca Ratón, Florida, Usa. pp. 472.
- ESPINOSA J Y MOLINA E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. 1 ed. International Plant Nutrition Institute IPNI. Quito, Ecuador. 1:5-7.
- FAO. 2005. Programa de información de especies acuáticas *Oreochromis*. Disponible en línea en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es (Acceso: 27/04/19)
- FRÍAS E Y PÁEZ O. 2001. Toxicidad de los Compuestos del Nitrógeno en camarones. Disponible en línea en: https://www.researchgate.net/publication/250309870_toxicidad_de_los_compuestos_del_nitrogeno_en_camarones/amp (Acceso 11-04-19).
- GARCÍA A, ALSTON D AND CORTÉS R. 2000. Grow, survival, yield, and size distributions of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), and tilapia (*Oreochromis niloticus*), in polyculture and monoculture systems in Puerto Rico. J.of the World Aquacult. Soc. 31(3):446 - 451.
- GARDUÑO M, GRANADOS I, OLVERA A AND MUÑOZ G. 2003. Comparison of growth, fillet yield and proximate composition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*.) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia x Stirling red *O. niloticus*) males. Aquacult. Research. 34:1023 - 1028.
- GONZÁLEZ J Y HEREDIA B. 1998. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). 2da ed. Rev. y amp. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Guárico. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Maracay, Venezuela, pp. 134.
- GONZÁLEZ, G. 2007. Efectos de la temperatura sobre la alimentación y la respiración de los gupis *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). Anales Universitarios de Etología. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas. Islas Canarias, España. (1):27-31.
- GUZMÁN A. 2001. "Proyecto para el establecimiento de un centro de cultivo de tilapia roja, en la provincia de Esmeraldas, Cantón San Lorenzo, recinto La Florida. Quito, Ecuador, pp. 4-34.

- HANSELL D AND BOYD C. 2015. Uses of hydrated lime in fish ponds. Proc. Ann. CONF. S.E. Assoc. Fish and Wildl. 34:49-58.
- HIGUERA C, GÓMEZ J Y PARDO O. 2012. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. Revista Facultad de Ingeniería. UPTC. 21(32):21-40.
- HSIEN S Y QUINTANILLA M. 2008. Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura. Cendepesca. El Salvador, pp. 46-47. <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download> (Acceso 20-05-19).
- IPNI. 1999. International Plant Nutrition Institute. Acidez y Encalado de los Suelos. Disponible en línea en: <http://mca.ipni.net/article/MCA-3027>.: (Acceso 14-04-2019).
- KAMPRATH E. 1984. Crop response to lime in soils of the tropics. Wisconsin, United States, pp. 349-369.
- KOHINOOR A, MODAK P AND HOSSAIN M. 1999. Growth and production performance of red tilapia and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Lin.) under low-input culture system. Bangladesh. Fish. Res. 3(1): 11-17.
- KUBITZA F.2000. Tilapia: um bom planejamento gera alta rentabilidade. Panorama da aquicultura. Brazil. 10(59):45.
- KUBITZA F. 2009. Producción de tilapias en estanques excavados en tierra: Estrategias avanzadas en manejo. Panorama da Aquicultura, pp 2-4
- KUBITZA F.2011. Cultivo de tilapias en sistema de “Bioflocos” sin renovación de agua. Panorama da acuicultura, dirección de acuicultura. Ministerio de agricultura, ganadería y pesca, Presidencia de la Nación, pp. 4-6.
- LAWSON T. 1995. Fundamentals of aquacultural engineering. Springer Science & Business Media. New York, USA, 364 p.
- LAZUR A. 2004. Growout pond and water quality management. Section 6–Growout Pond and Water Quality Management. University of Maryland, pp. 18.

- LÓPEZ V, ASCANIO G Y GUERRERO V. 2013. Rocas Industriales de Venezuela. Fundacite Aragua. Venezuela, pp. 108.
- LUCHINI L. 2006. Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. Dirección de acuicultura. Argentina. Disponible en línea en: [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/archivos/000008-Tilapia/071201_generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(parte%2001\).pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/especies/archivos/000008-Tilapia/071201_generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(parte%2001).pdf). (Acceso 01-04-2019).
- LUNA J Y FIGUEROA J. 2000. Reproducción y crecimiento en cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae). Rev. AquaTIC. (10):19.
- MAHFUJUL K, ZAFAR A AND MOHSIN A. 2017. Growth and Production of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Under Different Feeding Frequencies in Pond Conditons. J Aquac Mar Biol. 6(5):2-5.
- MAKORI A, ABUOM P, KAPIYO R, ANYONA D AND DIDA G. 2017. Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. Fisheries and Aquatic Sciences. 20:1-10.
- MARCILLO E Y LANDIVAR J. 2008. "Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia". Escuela superior politécnica del litoral, facultad de ingeniería marítima y ciencias del mar. Guayaquil, Ecuador. pp. 61.
- MARNR. 1997. Atlas del estado Monagas. Gobernación del estado Monagas. 99 p.
- MARTÍNEZ R, JUNCAL J, ZALDIVAR C, ARENAL A, GUILLEN I, MORERA V, CARRILLO O, ESTRADA M AND MORALES A. 2000. Growth efficiency in transgenic tilapia (*Oreochromis* sp.) carrying a single copy of an homologous DNA growth hormone. Biochemical and biophysical research. 267(1):466-472.
- MASSER, M. 1997. Cage culture. Site selection and water quality. Southern regional aquaculture center. SRAC. Oklahoma, USA. 161:3.

- MONSES H. 2014. La exposición crónica a altas concentraciones de nitrato reduce el crecimiento y afecta la salud de la tilapia juvenil del Nilo en ras. <https://thefishsite.com/articles/chronic-exposure-to-high-nitrate-concentration-reduces-growth-and-affects-health-of-juvenile-nile-tilapia-in-ras>. (Acceso 15/04/2019).
- NTENGWE F AND EDEMA M. 2008. Physico-chemical and microbiological characteristics of water for fish production using small ponds. *Physics and chemistry on the earth*. 33(8-13):701-707.
- ORDUZ S Y ERAZO E. 2009. Análisis de las características físico-químicas de aguas y suelos de cultivos acuícolas intensivos y súper intensivos. CENIACUA-COLCIENCIAS, Bogotá, Colombia, pp. 80.
- OSORNO H Y OSORNO L. 2011. Determinación de los requerimientos de cal. *Suelos Ecuatoriales*. 41(1): 29-35.
- PARRA, Y. 2012. *Historia de la Acuicultura en Colombia*. Disponible en línea en: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/37_9.pdf. (ACCESO 17-04-2019).
- PEREZ Y, GONZALEZ R, MENDEZ Y Y RAMIREZ J. 2014. Inclusion de la harina de *Lemna perpusilla* para alimentar bavevines *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*. *Redvet*. 15(5): 1-10.
- PERDOMO D, CORREDOR Z Y RAMÍREZ L. 2012. Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja, (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. *Zootécnica tropical*. Trujillo, Venezuela. 30(1): 99-108.
- PINEDA R. 1999. Elaboracion y evaluacion de dietas a partir de harinas de barrilete (*Euthynnus linneatus*) y rasposa (*Haemulon maculinonda*) como alimento de bagre (*Ictalurus punctatus*) en condiciones de laboratorio. Colima, México: Univeresidad de Colimas, Facultad de Ciencias Marinas [Disertacion Maestria en Acuicultura], 21 p.
- POPMA T. 1999. Tilapia Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. Estados Unidos. (289):2-4.
- QUEIROZ J, NICOLELLA G, WOOD C AND BOYD C. 2004. Lime application methods, water and botton soil acidity in fresh water fish ponds. Department of agronomy and soils, Alabama, USA. 61(5): 469-475.

- QUEIROZ J, BOEIRA R E NICOLELLA G. 2016. Efeitos da Aplicação de Grandes Quantidades de Calcário Agrícola em Viveiros de Piscicultura, EMBRAPA, Brasil, pp. 26.
- QUIÑONEZ D. 2009. Efectos de las bacterias ácido lácticas y levaduras con potencial probiótico en el cultivo de tilapias *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis* spp. Guasave, Sinaloa-México: Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación [Disertación Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente], 71 p.
- RAMIRO B Y CRUZ L. 2011. Elaboración de un pro biótico a base de microorganismos nativos y evaluación de su efecto benéfico al proceso digestivo de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en etapa de engorde en la zona de Santo Domingo. Santo domingo. República Dominicana: Escuela Politécnica del Ejército, carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias [Disertación Grado Ingeniero Agropecuario]. pp. 95.
- RODRÍGUEZ H Y ANZOLA E. 2001. La calidad del agua y la productividad de un estanque en la acuicultura. Disponible en línea en: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4997/3/051.3.pdf> (Acceso 10-06-19).
- RODRÍGUEZ S. 2002. Engorda de tilapia. Coahuila. México: Universidad autónoma agraria "Antonio Narro". [Disertación Grado Ingeniero Agrónomo Zootecnista], pp. 84.
- RODRÍGUEZ G, ÁLVAREZ M, GARCÍA J, ARIAS S Y SARABIA N. 2005. El hidróxido de calcio: su uso clínico en la endodoncia actual. Disponible en línea en: <http://www.redalyc.org/pdf/2111/211117868016.pdf>.
- SAAVEDRA M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Cidea. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. Disponible en línea en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf> (Acceso: 29/04/2019).
- SAAVEDRA J. 2013. La cal. Tecnología de los Materiales. E.AP. Ingeniería Civil. Universidad Nacional de la Santa. Facultad de Ingeniería, pp. 32.

- SIPAUBA L, GOMES, J AND BRAGA F. 2003. Effect of liming management on the water quality in *Colossoma macropomum* ("Tambaqui"), ponds. Acta limnol. Brazil. 15(3): 97-99.
- SCHMIDT P. 2011. Efecto del hidróxido de calcio, carbonato y bicarbonato de sodio en la calidad del agua y en el desempeño zootécnico del camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado con tecnología de bioflocos (BFT). Universidade Federal do Rio Grande. Instituto de Oceanografía. Programa de Pós-Graduação Em Aquicultura. [Disertación de grado M Sc], pp.84.
- SONNENHOLZNER S Y MEDINA X. 2002. Evaluación de materiales calcáreos utilizados en el cultivo del camarón en Ecuador. Centro nacional de acuicultura y actividades marinas. CENAIM. El mundo Acuícola. 8(1):14 -18.
- STUMM W AND MORGAN J. 1996. Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters. John Wiley and Sons, USA, pp. 1040.
- TAVE D. 1996. Programas de cría selectiva de piscifactorías de tamaño medio. FAO. Oregon, USA, pp. 352.
- THUNJAI T, BOYD C AND Boonyaratpalin M. 2004. Quality of liming materials used in aquaculture in Thailand. Aquaculture International. 12(2):161-168.
- TOLEDO S Y GARCÍA M. 2000. Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton. La Habana, Cuba. Disponible en line en: https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf (Acceso 04-05-19).
- UPSANA S. 2012. Effects of agricultural lime (CaCO_3) on water quality and fish growth under outdoor hard water fish culture conditions. Calcuta, Bengala Occidental, India: West Bengal, university of animal and Fishery sciences, Faculty of Fishery Sciences [Disertación Maestría en Ciencias Pesqueras en la Acuicultura], 71 p.
- VÁZQUEZ R, BARRERA H Y ASCENCIO V. 2004. Clonación molecular de proteínas de membrana externa de *Aeromonas Veronni*, su aplicación en adhesión y su potencial como vacunas para peces. Monterrey, México. Ciencia UANL. 7(4):475.

- VÁZQUEZ R, PUPO A Y JIMÉNEZ H. 2014. Sistema energéticamente eficiente y de bajo costo para controlar la temperatura y aumentar el oxígeno en estanques de cultivo de alevines en tilapia roja. Rev. Facultad de Ingeniería. Medellín, Antioquia, Colombia. 23(36): 9-23.
- WEDEMEYER G. 1996. Physiology of fish intensive culture systems. Chapman and Hall. New York, 231 p.
- WICKI G Y GROMEDIA, N. 1997. Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Secretaria de agricultura, pesca y alimentación. Buenos aires, Argentina. Disponible en línea en: <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/download/18/12> (Acceso: 01/05/2019).
- WILKINSON S. 2002. The use of lime, gypsum, alum and potassium permanganate in water quality management. Aquaculture Fundamentals. 7(2): 12-14.
- YUVANATEMIYA V, BOYD C Y THAVIPOKE P. 2011. Pond bottom management at commercial shrimp farms in Chantaburi Province, Thailand. Journal of the World Aquaculture Society. 42(5): 618-632.
- ZANIBONI E, MEURER S, GOLOMBIESKI I, SILVA F AND BALDISSEROTTO B. 2002. Survival of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes) fingerlings exposed to acute pH changes. Acta Scientiarum Maringá, Brasil. 24:917-920.



APÉNDICE

Cuadro 1.-análisis de varianza para la temperatura del agua

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	0,16667	0,08333	0,36	0,7049 ns
Error	9	2,06250	0,22917		
Total	11	2,22917			

ns= no hay diferencia significativa
CV = 1,74

Cuadro 2.- Análisis de varianza para Oxígeno Disuelto en el agua

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	5,25500	2,62750	14,35	0,0016*
Error	9	1,64750	0,18306		
Total	11	6,90250			

* Hay diferencia significativa
CV = 6,99

Cuadro 3.- Análisis de varianza para pH del agua

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	13,1667	6,58333	19,75	0,0005*
Error	9	3,0000	0,33333		
Total	11	16,1667			

* Hay diferencia significativa
CV = 7,53

Cuadro 4.- Análisis de varianza para alcalinidad del agua

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	11252,7	5626,33	5,67	0,0255*
Error	9	8937,0	993,00		
Total	11	20189,7			

* Hay diferencia significativa

CV = 29,22

Cuadro 5.- Análisis de varianza para nitratos del agua

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	3578,17	1789,08	145,72	0,0000*
Error	9	110,50	12,28		
Total	11	3688,67			

* Hay diferencia significativa

CV = 18,12

Cuadro 6.- Análisis de varianza para peso inicial de los peces

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	0,31207	0,15603	0,68	0,5322*
Error	9	2,07410	0,23046		
Total	11	2,38617			

* No hay diferencia significativa

CV = 17,34

Cuadro 7.- Análisis de varianza para peso final de los peces

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	9,6781	4,83903	29,74	0,0001*
Error	9	1,4644	0,16271		
Total	11	11,1425			

* Hay diferencia significativa

CV = 7,64

Cuadro 8.- Análisis de varianza para crecimiento absoluto en peso

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	11,7842	5,89210	22,78	0,0003*
Error	9	2,3276	0,25862		
Total	11	14,1118			

* Hay diferencia significativa

CV = 20,24

Cuadro 9.- Análisis de varianza para número final de peces vivos

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F	P
Tratamiento	2	13,1667	6,58333	13,17	0,0021*
Error	9	4,5000	0,50000		
Total	11	17,6667			

* Hay diferencia significativa

CV = 38,57

Cuadro 10. Análisis de Suelos (Valores Promedio)

Variable	Promedio	Condición	Valores normales Piscicultura
pH	3,98	¹ Extremadamente ácido	6,5-9
P	5,8		
Ce	379,54		
Na	0,31		
MO	28,88	Alto	10%
Ac. In	1,16	Alto	0,5
Al. In	5,10	Alto	0,5
% Arena	88,5	Alto	
% Arcilla	6,2	Bajo	Muy bajo > 30
% Limo	5,25		
Clase Textural	Arenoso	No apto para la piscicultura	

1- Criterio de Soil Survey Division Staff (SSDS, 1993)

Cuadro 11. Análisis del Agua del Pozo

pH	Alcalinidad Total	Dureza Total
6,5	20	20
6,5	24	28
Promedio= 6,5	22	24

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	Evaluación de dos tipos de cal en un cultivo de crías de tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>)
Subtítulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Mata Stipani, Karla Estefania	CVLAC	C.I. 20.647.490
	e-mail	Karlamatast@gmail.com
	e-mail	

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres de un autor. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores.

Palabras o frases claves:

cal agrícola
cal hidratada
<i>Oreochromis spp.</i>
trabajo de grado

El representante de la subcomisión de tesis solicitará a los miembros del jurado la lista de las palabras claves. Deben indicarse por lo menos cuatro (4) palabras clave.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y Ciencias aplicadas	Ingeniería en Producción Animal

Debe indicarse por lo menos una línea o área de investigación y por cada área por lo menos un sub-área. El representante de la subcomisión solicitará esta información a los miembros del jurado.

Resumen (Abstract):

Para evaluar el efecto de dos tipos de cal en un cultivo de crías de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) se realizó un ensayo en el Laboratorio de Piscicultura, de la escuela de Zootecnia, Universidad de Oriente, Monagas. Se seleccionaron 60 crías con pesos entre 2,54 y 2,92 g, distribuidas en 12 acuarios, con cinco crías para cada uno, alimentadas dos veces al día a razón del 8% de biomasa. Se aplicaron tres tratamientos con cuatro repeticiones T1: Control (sin cal), T2: cal agrícola (CaCO_3), T3: cal hidratada (Ca(OH)_2). Las variables determinadas fueron: temperatura (T), oxígeno disuelto (OD), pH, alcalinidad total (AT), nitratos (NO_3), peso final (Pf), crecimiento absoluto en peso (CAP) y número final de peces (Nf) que sobrevivieron. Se empleó un diseño completamente aleatorizado, análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey al 5% de significancia, mediante el programa Statistix 2010. La temperatura del agua no mostró diferencia ($P < 0,05$) entre los tratamientos, sin embargo las otras variables si fueron diferentes estadísticamente en relación al tratamiento control, los mejores promedios se obtuvieron en el T3 (oxígeno disuelto: $6,85 \text{ mg/L} \pm 0,67$, pH: $8,75 \pm 0,64$, alcalinidad total: $145,00 \text{ mg/L} \pm 50,0$) a excepción de NO_3 , donde la menor concentración se obtuvo en el T2 ($6,75 \pm 2,36$). Los parámetros productivos revelaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, los mejores resultados para peso final (g) crecimiento absoluto en peso (g) y número final de peces, se lograron con el T2 (Pf: $6,10 \pm 0,55$, CAP: $3,26 \pm 0,69$, Nf: 13). El ensayo demostró que los dos tipos de cal aplicados, funcionan como enmiendas cuando el agua y el fondo del suelo son ácidos, pueden mejorar significativamente la calidad del agua y el crecimiento en los peces.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail				
Prof. Deyanira Rivas	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input checked="" type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I 9.898.102			
	e-mail	drivas.udomonagas@gmail.com			
Prof. Julio Royett	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 18.651.313			
	e-mail	jroyett.udomonagas@gmail.com			
Prof. Ana Ascanio	ROL	CA <input type="checkbox"/>	AS <input type="checkbox"/>	TU <input type="checkbox"/>	JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	C.I. 14.338.699			
	e-mail				

Se requiere por lo menos los apellidos y nombres del tutor y los otros dos (2) jurados. El formato para escribir los apellidos y nombres es: "Apellido1 InicialApellido2., Nombre1 InicialNombre2". Si el autor está registrado en el sistema CVLAC, se anota el código respectivo (para ciudadanos venezolanos dicho código coincide con el número de la Cedula de Identidad). El campo e-mail es completamente opcional y depende de la voluntad de los autores. La codificación del Rol es: CA = Coautor, AS = Asesor, TU = Tutor, JU = Jurado.

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2020	02	14

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para inglés es en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
KARLAMATA.DOCX

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)
Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero En Producción Animal

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarum en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: Ingeniería

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

Tecnología en Producción Animal

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente Núcleo Monagas

Si como producto de convenciones, otras instituciones además de la Universidad de Oriente, avalan el título o grado obtenido, el nombre de estas instituciones debe incluirse aquí.



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumandá, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

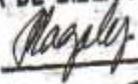
Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Distintamente,


JUAN A. BOLAÑOS CUMBELLO
Secretario



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR 
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/marija

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6

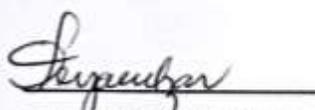
DERECHOS

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



Karla Estefanía Mata Stipani

Autora



Prof. Deyanira Rivas

Asesora