

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

**CARRERA: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO E
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

TEMA:

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE ALEVINES DE
TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) CON DIETAS ENRIQUECIDAS CON DOS
ACEITES ESENCIALES: CÚRCUMA (*Curcuma longa*) Y HIERBA LUISA
(*Cymbopogon citratus*).

AUTORES:

**CARLOS GABRIEL SALAZAR ALMEIDA,
CARLA PAMELA FLORES VALLEJO**

DIRECTOR:

CHRISTIAN FABRICIO LARENAS URIA

Quito, marzo del 2015

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
ANTECEDENTES.....	3
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos	5
1.2.1 General.....	5
1.2.2 Específicos	5
1.3 Hipótesis	5
1.3.1 Alternativa	5
1.3.2 Nula.....	6
1.4 Variables e indicadores.....	6
CAPÍTULO 2	
MARCO TEORICO.....	7
2.1 Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	7
2.1.1 Taxonomía	8
2.1.2 Descripción	9
2.1.3 Ciclo de vida	10
2.1.4 Etapa de alevín y reversión sexual en Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	10
2.1.5 Sistemas de cultivo	11
2.1.6 Nutrición y alimentación	12
2.1.7 Enfermedades de la Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	14
2.1.8 Calidad del agua.....	16
2.1.8.1 Parámetros físico-químicos.....	16
2.1.8.2 Características microbiológicas:	17
2.1.8.2.1 <i>Escherichia coli</i> y coliformes:	17
2.1.8.2.2 Microorganismos aerobios mesófilos	18
2.2 Aceites esenciales.....	18

2.2.1 Actividad de los Aceites Esenciales en el organismo de Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>).....	18
2.2.2 Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>).....	20
2.2.2.1 Generalidades.....	20
2.2.2.2 Taxonomía de la Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>)......	21
2.2.2.3 Descripción Botánica.....	21
2.2.2.4 Usos	22
2.2.2.5 Otras Investigaciones.....	23
2.2.2.6 Composición química de la planta.....	24
2.2.2.7 Aceite esencial de Cúrcuma.....	24
2.2.2.8 Principales componentes del aceite esencial de Cúrcuma.....	25
2.2.2.9 Propiedades físicas y biológicas	25
2.2.3 Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	26
2.2.3.1 Generalidades.....	26
2.2.3.2 Taxonomía de Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	26
2.2.3.3 Descripción botánica.....	27
2.2.3.4 Usos	27
2.2.3.5 Composición química de la planta.....	27
2.2.3.6 Aceite esencial de Hierba Luisa.....	28
2.2.3.7 Principales componentes del aceite esencial de Hierba Luisa.....	28
2.2.3.8 Propiedades físicas y biológicas	29

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1 Ubicación geográfica.....	30
3.2 Establecimiento de dietas enriquecidas	30
3.2.1 Elección de aceites esenciales:	30
3.2.2 Elección del alimento balanceado.....	31
3.2.3 Elección del vehículo para el aceite esencial.....	31
3.3 Formulación de las dietas enriquecidas con aceites esenciales	31
3.3.1 Materiales.....	31
3.3.2 Equipos	32

3.3.3 Procedimiento	32
3.3.4 Preparación solución madre	32
3.3.5 Preparación del alimento al 0.4%	33
3.3.6 Aplicación de la mezcla vehículo/aceite esencial en el alimento	33
3.4 Tratamientos	33
3.4.1 Información nutricional del alimento	34
3.4.2 Procedimiento para la elaboración del alimento	36
3.5 Diseño experimental	36
3.5.1 Características de la unidad experimental	36
3.6 Parámetros de evaluación abióticos	37
3.6.1 Temperatura	37
3.6.2 pH	37
3.6.3 Nitritos y Nitratos	37
3.6.4 Dureza	38
3.6.5 Oxígeno Disuelto	38
3.6.6 Amonio	38
3.6.7 Conductividad	38
3.7 Parámetros de evaluación microbiológicos	38
3.7.1 Materiales	39
3.7.2 Equipos	39
3.7.3 Procedimiento	39
3.8 Descripción de los parámetros de crecimiento	40
3.8.1 Longitud	40
3.8.2 Peso	41
3.8.3 Mortalidad	41
3.8.4 Relación longitud-peso	41
3.9 Análisis estadístico	42
3.9.1 Análisis de varianza de un factor (ANOVA)	42
3.9.2 Prueba de correlación de Pearson	42
3.9.3 Prueba de Kruskal-Wallis	42

CAPÍTULO 4	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Parámetros abióticos.....	43
4.1.1 Temperatura	43
4.1.2 pH	43
4.1.3 Concentración de Nitritos	44
4.1.4 Concentración de Nitratos	44
4.1.5 Dureza del agua	45
4.1.6 Oxígeno Disuelto	45
4.2 Parámetros de evaluación microbiológica.....	45
4.3 Parámetros de crecimiento	46
4.3.1 Incremento de longitud	46
4.3.2 Longitud promedio	49
4.3.3 Incremento de peso	50
4.3.4 Peso promedio.....	53
4.3.5 Relación Longitud-Peso.....	55
4.4. Mortalidad	58
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	64
LISTA DE REFERENCIAS	65
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables Dependientes e Independientes.....	6
Tabla 2: Taxonomía de Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	8
Tabla 3 : Sistemas de Cultivo.....	11
Tabla 4: Nutrición de la Tilapia	13
Tabla 5: Alimentación de la Tilapia	14
Tabla 6 : Enfermedades de la Tilapia.....	15
Tabla 7 : Parámetros del agua	16
Tabla 8 : Descripción taxonomica de la Cúrcuma.....	21
Tabla 9: Componentes de Cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>).....	25
Tabla 10: Descripción taxonomica de la Hierba Luisa.....	26
Tabla 11: Componentes de la Hierba Luisa	28
Tabla 12: Condiciones ambientales del experimento	30
Tabla 13: Composición de los tratamientos utilizados	34
Tabla 14: Información nutricional del balanceado	34
Tabla 15: Fórmula cuantitativa del balanceado.....	35
Tabla 16: Incremento de longitud en los tratamientos con aceites esenciales	47
Tabla 17: Resultados Anova Incremento de Longitud	48
Tabla 18: Test de Tukey Incremento de longitud.....	48
Tabla 19 : Resultados de las longitudes promedio en cada tratamiento	49
Tabla 20: Resultados Anova Longitud promedio.....	50
Tabla 21: Incremento de peso de los tratamientos con aceites esenciales	51
Tabla 22: Resultados Anova Incremento de Peso	52
Tabla 23: Test de Tukey Incremento de Peso	53
Tabla 24: Resultados de pesos promedios en los diferentes tratamientos	53
Tabla 25: Resultados del ANOVA peso promedio	54
Tabla 26: Test de Tukey Datos peso promedio	55
Tabla 27: Evaluación Peso - Longitud entre tratamientos.....	56
Tabla 28: Prueba Tukey relación Peso - Longitud	58
Tabla 29: Resultado de supervivencia en cada tratamiento.....	59
Tabla 30: Porcentaje de Mortalidad en cada tratamiento	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Acuarios.....	73
Anexo 2: Longitud	73
Anexo 3: Peso	74
Anexo 4: Lectura de amoniaco.....	74
Anexo 5: Cuantificación de nitritos y nitratos.....	75
Anexo 6: Placa de aerobios totales.....	75
Anexo 7: Placa de coliformes.....	76
Anexo 8: Cuadro de pH.....	76
Anexo 9: Cuadro de Conductividad	76
Anexo 10: Cuadro de Temperatura	77
Anexo 11: Cuadro de Amoniaco	77
Anexo 12: Cuadro de Dureza de agua	77
Anexo 13: Cuadro de Nitritos	78
Anexo 14: Cuadro de Nitratos	78
Anexo 15: Cuadro de Oxígeno Disuelto	78
Anexo 16: Parámetros de crecimiento semana 0.....	79
Anexo 17: Parámetros de crecimiento semana 19.....	80
Anexo 18 : Cuadro de aerobios y coliformes	81

RESUMEN

La producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) constituye una industria muy importante en el Ecuador, siendo necesario realizar constantes innovaciones que ayuden a mejorar su productividad. Actualmente se ha fomentado el uso de extractos naturales para mejorar el crecimiento y supervivencia de los peces. Con este objetivo se decidió evaluar los aceites esenciales de Cúrcuma y Hierba Luisa adicionados al alimento en una concentración del 0,4% P/P. Se utilizaron 8 unidades experimentales con 20 alevines cada una, ubicadas en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, evaluándose también los parámetros físicos-químicos, microbiológicos y ambientales del agua. Se empleó alimento peletizado para alevines # 2 con aproximadamente 48 % de Proteína, sin aceite de pescado. Aparte se formularon 2 soluciones madre de aceite de pescado con cada aceite esencial al 5% P/P respectivamente, las mismas fueron mezcladas con el alimento en proporciones definidas para obtener una concentración de aceite esencial del 0,4 % P/P dando como resultado 4 tratamientos (testigo, hierba luisa, cúrcuma y la mezcla de los dos aceites esenciales); los tratamientos se realizaron por duplicado. El ensayo tuvo una duración de 19 semanas, registrando cada ocho días la supervivencia, el peso promedio y la longitud individual de cada alevín. Mediante ANOVA de una vía ($p < 0.05$) se llegó a determinar que la dieta a base de la mezcla de los dos aceites esenciales (50:50) mejoró el parámetro de ganancia en peso, en tanto que para el parámetro longitud no existieron diferencias significativas entre los tratamientos; los índices de mortalidad fueron similares entre los diferentes tratamientos .

Palabras clave:

Aceites esenciales, hierba luisa, cúrcuma, tilapia, crecimiento.

ABSTRACT

The production of red tilapia (*Oreochromis sp.*) is a very important industry in the Ecuador, so it is necessary to make constant innovations that help improve productivity. Currently has encouraged the use of natural extracts to enhance the growth and survival of fish. For this purpose it was decided to evaluate the essential oils of Turmeric and Lemongrass added to food in a concentration of 0.4% w / w with 8 experimental units each one with 20 fingerlings, located in the laboratories of the Universidad Politécnica Salesiana. Physical-chemical, microbiological and environmental water parameters were evaluated each week. Pelleted feed for fry # 2 with about 48% of protein, without fish oil was used. Two separate mother solutions of fish oil each one with essential oils at 5% w / w respectively were made, they were mixed with the feed in defined proportions to obtain an essential oil concentration of 0.4% w / w resulting 4 treatments (control, lemongrass, turmeric and mix of the two essential oils); treatments were performed in duplicate. The experiment lasted 18 weeks, recording weekly survival, average weight and length of each individual fry. By one way ANOVA ($p < 0.05$) was reached to determine the diet of the mixture of two essential oils (50:50) improved the weight gain parameter, while the length parameter for no difference significant between treatments; mortality rates were similar between the different treatments.

Keywords:

Essential oils, lemongrass, turmeric, tilapia growth.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO DE TRABAJO DE GRADO

Autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Quito, marzo del 2015.

f: _____

Carla Pamela Flores Vallejo

C.I: 1713431623

f: _____

Carlos Gabriel Salazar Almeida

C.I: 1719119404

DEDICATORIA

A Dios, primeramente por darme la vida y la dicha de cumplir cada día con mis sueños y metas personales.

A mi hija Eva María por ser mi inspiración, fuerza y motivación para seguir adelante con mis proyectos.

A mis abuelitos, tías y tíos por brindarme su tiempo, dedicación, paciencia y amor incondicional y por ende encaminarme en la vida para ser una mujer responsable y dedicada.

A mi prima Zeneida Vallejo por siempre confiar en mí, y darme apoyo incondicional.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por su responsabilidad en estos años de vida.

Carla Pamela Flores Vallejo

A toda mi familia, en especial a mi madre, la persona más importante de mi vida, ya que sin su apoyo incondicional este anhelo no se hubiera hecho realidad

A mis compañeros de laboratorio Carlos Vélez, Edison Osorio y Carina Hidalgo por brindarme su valiosa amistad, además de sus consejos y ayuda siempre oportuna

Carlos Gabriel Salazar Almeida

AGRADECIMIENTO

Deseamos demostrar nuestros más sinceros agradecimientos al Doctor Fabio Salas y al Centro Piscícola de Nanegal por su colaboración desinteresada para la culminación de este proyecto.

A la Universidad Politécnica Salesiana, que en el transcurso de nuestra carrera nos ha dado las herramientas necesarias para ser excelentes profesionales.

A nuestro director de tesis, Christian Fabricio Larenas Uría, por ofrecernos su valioso tiempo su apoyo, conocimientos y opiniones compartidos durante el transcurso de la realización de este trabajo de investigación.

A los laboratorios de Ciencias de la Vida por brindar unas adecuadas instalaciones y a sus ayudantes que fueron gran asistencia e incentivo y apoyo en el día a día.

A los profesores Magister Patricio Yáñez, María Fernanda, Germania Karolys, Diana Calero y Daniel Acurio por sus sugerencias y ayuda desinteresada que enriquecieron nuestros conocimientos durante el desarrollo de la tesis y toda la carrera universitaria.

INTRODUCCIÓN

La tilapia se introdujo en el Ecuador en los años 80's como un cultivo artesanal, en este contexto, entre las especies que mostraron las mejores características de productividad y adaptación a las zonas tropicales de Santo Domingo y demás áreas de la costa ecuatoriana se pueden citar a *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis sp* (Zambrano, 2011, p. 13)

La especie seleccionada es un híbrido, posiblemente resultado de la cruce de *O.Mossambicus* x *O.Niloticus* y/o *O.nossambicus* x *O.aureus*, el cual es de color rojo. La producción de esta variedad ha posicionado al Ecuador como uno de los principales productores de tilapia en el hemisferio occidental, con exportaciones por \$ 5,67 millones en el año 2011, según los datos del Servicio Nacional de Aduana del Ecuador. (Pallares, 2012, p. 16)

El cultivo intensivo de tilapia roja ha generado que varias patologías típicas de los sistemas de cultivo se vuelvan más recurrentes. Una de las prácticas más comunes al momento de tratar estas enfermedades es el uso excesivo de fungicidas, tales como verde malaquita o en el caso de antibióticos la tetraciclina, cloramfenicol y las quinolonas, esta práctica ha llevado a un aumento de la resistencia a los antibióticos en varios de estos patógenos (Quinonez, 2008, p. 19)

Actualmente los extractos naturales desempeñan un papel importante dentro de la acuicultura ya que varios estudios han reportado que los mismos tienen potencial como agentes antimicrobianos contra varios patógenos típicos de la industria piscícola. (Alsaid, 2010, p. 535)

Son pocas las investigaciones que se han realizado sobre el empleo de extractos herbales adicionados a la dieta en cultivos de tilapias, con el fin de evaluarlos como una alternativa a la dependencia del uso de antibióticos dentro de la acuicultura (Rattanachaikunsopon, 2009) además de determinar su influencia en el mejoramiento del crecimiento, eficiencia alimenticia e índice de supervivencia de los peces, dando en algunas de estas investigaciones resultados positivos. (Gabor, 2010, p. 64)

Ya que en el Ecuador se cuenta con centros de producción de extractos naturales tales como empresas comunitarias, centros de investigación universitaria y, en menor medida, empresas particulares, es factible la evaluación de estos productos dentro de la industria piscícola ecuatoriana.

Con este propósito se escogieron los aceites esenciales de Cúrcuma (*Curcuma longa*) y Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*), ya que los mismos poseen gran interés comercial dentro del mercado local, por lo que su estudio y utilización dentro de la industria piscícola puede generar la diversificación de estos productos además de beneficiar de manera importante al desarrollo de la acuicultura en el Ecuador.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Justificación

En los últimos años la acuicultura ha aumentado sus niveles de producción a nivel mundial, debido en gran medida al agotamiento de los recursos marinos, lo cual se debe principalmente a la sobrepesca realizada durante los últimos años por parte de ciertos países. Gracias a esto la acuicultura se ha convertido en el sector alimenticio de más rápido crecimiento a nivel mundial, pasando de menos de 1 millón de toneladas anuales en 1950 a 52,5 millones de toneladas en 2008, con un valor de 98400 millones de dólares. (FAO, 2014, p. 47)

El cultivo de tilapia roja es uno de los más importantes dentro de la industria acuícola ecuatoriana, debido principalmente a las ventajas que presenta la crianza de esta especie tales como rápido crecimiento, capacidad de adaptación, facilidad en su manejo además de propiedades organolépticas y alimenticias entre las que se destacan su sabor y las características nutricionales de su carne. (Villarreal, 2008, p. 8)

Las tilapias consumen dietas tanto omnívoras como herbívoras dependiendo de la especie, pudiendo alimentarse de productos naturales tales como vegetales, harinas y distintos desperdicios. También pueden aprovechar alimentos artificiales, los cuales se componen de una mezcla de distintos ingredientes, los mismos que aportan los nutrientes necesarios para su normal desarrollo y crecimiento. Por este motivo la calidad del alimento es fundamental si se quieren obtener altos rendimientos dentro de una granja piscícola, esto implica que los costos del alimento sean significativos dentro del presupuesto de una granja acuícola. (León, 2009, p. 15)

En el Ecuador la mayor causa de pérdidas económicas dentro de esta industria es la muerte generalizada de los peces, esta mortalidad se debe principalmente a enfermedades bacterianas comunes, seguidas de cerca por infecciones fúngicas y de oomycetes. (Jiménez, 2007, p. 10)

Actualmente los extractos herbales desempeñan un papel importante dentro de la acuicultura ya que varios estudios sostienen que los mismos tienen potencial como agentes antimicrobianos contra varios patógenos en peces. Esto abre la posibilidad de que el uso de extractos herbales se expanda para convertirse en una terapia alternativa a los antibióticos en la acuicultura, puesto que actuarían como profilácticos previniendo la aparición de enfermedades. (Citarasu, 2010, p. 404)

Varios países asiáticos han investigado el efecto de diferentes extractos naturales, tales como jengibre, tomillo, eucalipto, entre otros en la crianza de tilapia, estas investigaciones han reportado que dichos extractos poseen diversos efectos tales como generar la promoción del crecimiento, estimulación del apetito, tónico, inmunoestimulante y antimicrobiano. La acción de estos extractos se debe a varios principios activos tales como alcaloides, flavonoides, pigmentos, compuestos fenólicos, terpenoides, esteroides y aceites esenciales. (Immanuel, 2009, pág. 1470)

Según (Betancourt, 2012, pág. 5) el aceite esencial de orégano utilizado en el proceso de engorde de pollos permite controlar microorganismos patógenos tales como *Streptococcaceae*, *Pseudomonas*, *Clostridium* y *Salmonella*, ya que el mismo presenta compuestos como timol, por lo que constituye una alternativa económicamente viable para el desarrollo y producción de un aditivo natural para pollos de engorde.

Por lo anterior, es importante estudiar de manera sistemática la actividad biológica que pueden presentar los aceites esenciales empleados en la dieta de la tilapia roja de manera que se convierta en una ayuda para la elaboración y producción de balanceados, con lo cual se contribuirá a un mayor desarrollo de la actividad piscícola en el Ecuador.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Evaluar los parámetros de crecimiento de alevines de Tilapia (*Oreochromis sp.*) con dietas enriquecidas con dos aceites esenciales; Cúrcuma (*Curcuma longa*) y Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*).

1.2.2 Específicos

- Evaluar la homogeneidad de las unidades experimentales mediante el estudio de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las mismas.
- Medir variables de longitud y peso promedio, además de aumento de peso y longitud en alevines de tilapia (*Oreochromis sp.*) los cuales serán alimentados con suplementos enriquecidos con aceites esenciales
- Determinar el índice de supervivencia de cada unidad experimental

1.3 Hipótesis

1.3.1 Alternativa

- Al menos una de las tres dietas enriquecidas con aceites esenciales tienen la capacidad de mejorar los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

1.3.2 Nula

- Ninguna de las tres dietas enriquecidas con aceites esenciales presentan diferencia significativa para mejorar los parámetros de crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*)

1.4 Variables e indicadores

Tabla 1.

Variables independientes y dependientes

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Formulación de dietas	Peso promedio Longitud promedio % de Supervivencia

Elaborado por: Flores, Salazar, 2014

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Tilapia (*Oreochromis sp*)

La tilapia en los últimos años ha sido introducida de manera acelerada en países tropicales y subtropicales de todo el mundo, gracias a la aparente facilidad de su cultivo y manejo poseen alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, además de presentar una alta tasa reproductiva y gran resistencia a enfermedades, lo que se traduce en una alta productividad de esta especie. Las tilapias son generalmente herbívoras aunque aceptan todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales (Valencia, 2009, p. 2).

Gracias a estos antecedentes, se han implementado grandes áreas de cultivo para esta especie, dentro de las cuales generalmente se producen daños ocasionados por mala infraestructura implementada por los piscicultores, lo que ha generado que se liberen especímenes de tilapia hacia ríos o esteros, ocasionando gran afectación a las especies nativas presentes en las zonas de crianza de tilapia. Debido a estola tilapia se considera una especie invasora según datos del 2004 de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). (Lowe, 2004, p. 6)

Anatomía de la Tilapia

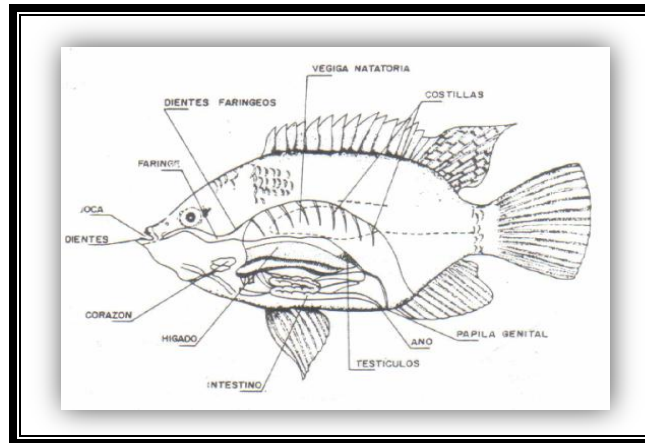


Figura1. Esquema de la Anatomía de la Tilapia Roja

Fuente: (Colpos, 2005).

2.1.1 Taxonomía

Tabla 2.

Taxonomía de Tilapia (*Oreochromis sp*)

Reino	<i>Metazoa</i>
Phyllum	<i>Chordata</i>
Subphyllum	<i>Vertebrata</i>
Infraphyllum	<i>Gnathostomata</i>
Clase	<i>Osteichtyes</i>
Orden	<i>Perciforme</i>
Familia	<i>Cichlidae</i>
Generos	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis sp</i>

Fuente: (Ziesler, 1997)

2.1.2 Descripción

Entre las características biológicas y fisiológicas de la tilapia podemos citar que tienen la capacidad de adaptarse a rangos muy amplios de temperatura, además de alcanzar la madurez sexual a la edad de 4 a 6 meses en machos y de 3 a 5 meses en hembras, las mismas que pueden desovar en promedio de 5 a 8 veces/año a temperaturas de 25 a 31°C, generando una producción promedio de hasta 1500 huevos, los cuales tienen un tiempo de incubación bucal de 3 a 6 días, dependiendo de la especie con la que se esté trabajando y las condiciones ambientales. Otra ventaja que presenta el cultivo de tilapia es el hecho de que las mismas pueden ser reproductoras un promedio de 2 o 3 años como máximo. (Tituana, 2012, p. 39)

En lo concerniente al crecimiento de esta especie varias investigaciones han llegado a la conclusión de que dependiendo de varios factores tales como genética propia de la especie, frecuencia de alimentación de los peces más grandes, territorialismo, densidad del cultivo y alimentación dentro del área de crianza las tilapias pueden presentar crecimiento Alométrico, en el cual el pez no se desarrolla de manera proporcional por lo que no mantiene una forma definida (Arellano, 2013, pág. 7).

Lo contrario es el crecimiento Isométrico, en el cual el pez se desarrolla de manera proporcional manteniendo la forma del mismo (Gómez, 2011, pág. 3).

2.1.3 Ciclo de vida

Según (Liñan, 2007, pág. 23) la tilapia sigue un flujo productivo en función a su biología:

- ✓ Incubación
- ✓ Eclosión
- ✓ Alevinaje
- ✓ Siembra

2.1.4 Etapa de alevín y reversión sexual en Tilapia (*Oreochromis sp*)

Alevín:

Es el nombre genérico con el cual se denomina a las crías de cualquier especie de pez, comprendiendo la etapa desde la absorción del saco vitelino hasta que el pez alcanza una talla de 8 cm. Esta es una de las etapas más importantes para el desarrollo de la tilapia, en la cual se debe prestar mucha atención a su alimentación y a las condiciones ambientales donde se desarrollan. Una de las etapas dentro de la fase de alevinaje es la de reversión sexual la cual puede realizarse mediante las siguientes técnicas: ginogenesis, supermachos y sexado. (Liñan, 2007, p. 45)

Preparación del alimento de reversión:

En la etapa de alevinaje es común la práctica de la reversión sexual, la cual tiene por objetivo obtener poblaciones monosexadas machos, para esto se emplea alimento peletizado el cual debe estar molido y tamizado, luego se le adiciona la hormona 17 α -Metiltestosterona, realizando una mezcla muy homogénea. Posteriormente, se seca a temperatura ambiente. Eventualmente se puede adicionar algún tipo de antibiótico como preventivo. También se agrega aceite de pescado junto con aceite de origen vegetal como fuente adicional de energía. (Simarra, 2004, p. 6)

2.1.5 Sistemas de cultivo

Tabla 3.

Sistemas de Cultivo

Características	Extensivo	Semi-Intensivo	Intensivo	Súper-Intensivo
Tamaño del estanque	Oscila entre 10 a 20 Ha.	Desde 2 Ha hasta pocos metros cuadrados.	50 a 600 tilapias por m ³	Superan las densidades de 600 tilapias/m ³
Tecnificación del sistema	Estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo sobre el abastecimiento del agua	Control completo sobre el agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan	Estanques de tierra y jaulas flotantes	Estanques de concreto. Recambios diarios de agua, de hasta un 100%/hora; también se utilizan aireadores mecánicos.
Alimentación	Es estimulada sólo por los nutrientes contenidos en el agua que se usa para llenar el estanque o proveniente del suelo.	Natural y alimento balanceado	Alimento balanceado	Alimento balanceado de alta proteína (30-40%)
Producción	300-700 kg/cosecha	Generalmente la duración del ciclo de producción es de cinco a seis meses	Estanques: La producción total varía de 5,000 a 12,000 Kg/Ha. Jaulas: La producción total varía de 5,000 a 12,000 Kg/Ha.	Alta producción de disponibilidad constante

Fuente: (Saavedra, 2006)

2.1.6 Nutrición y alimentación

Nutrición:

El alimento es quizá el factor económico más importante para una granja de producción de tilapia ya que representa más del 65% del costo total de producción. Esto se debe tener en cuenta ya que durante la primera etapa de su vida, los alevines de tilapia no consumen alimento artificial. Los alevines empiezan a absorber alimento artificial desde que llegan a medir de 4 a 5 cm (Suarez, 2009, pág. 18)

La producción industrial de *Oreochromis niloticus* requiere del suministro de un alimento mínimo con 30% de proteínas; ya que se ha determinado que niveles de proteína del 25 al 45 % no afectan la reproducción de tilapia. El alimento vivo es importante como iniciador del cultivo (precria), siendo la temperatura optima de digestibilidad 25° C. Durante los estados larvales la tilapia requiere del 35 al 45 % de proteína en su dieta para un crecimiento óptimo, en las etapas juveniles este porcentaje oscila entre el 30 y 40 %, mientras que en la etapa adulta se requiere entre un 20 y 30% para un crecimiento óptimo. (Abdel-Fattah, 2006, p. 96)

Tabla 4.

Nutrición de la Tilapia

Nutriente	Alevines/Cría	Juveniles	Adultos
Proteína	35-45%	30-40 %	20-30 %
Carbohidratos	5-8%		
Lípidos	10-15%		
Minerales (mg por Kg de alimento)	P (4600); Mg (600-800); Zn (30); Mn (12); Ca (7000); K(2100-3300); Fe (60); Cr (139.6)		
Vitaminas (mg por Kg de alimento)	Vitamina A: 5000 IU; Vitamina D: 374.8 IU; Vitamina E: 50-100(5% lípidos); Vitamina C: 420; Niacina: 26; Tiamina: 2.5 ; Riboflavina: 6; Piridoxina: 1.7-9.5; Biotina: 0,06 ; Ácido nicotínico: 150; Ácido pantoténico: 10 ; Ácido fólico: 5, Inositol: 400; Colina: 1000		
Aminoácidos (g de aminoácido por cada 100 g de proteína)	Arginina: 4,20; Histidina: 1,72; Isoleucina: 3.11; Leucina: 3.39; Lisina: 5.12; Metionina 2.68 + Cistina: 0.53; Fenilalanina 3.75 + Tirosina: 1.79; Treonina: 3.75; Triptófano: 1.0 ; Valina: 2.80		

Fuente: (Abdel-Fattah, 2006)

Tabla 5.

Alimentación de la Tilapia

Peso (g)	Edad (meses)	% Biomasa Alimentación	Comidas al día	% Proteína en alimento	% Mortalidad	Alimento diario (g)
0,5-10	1	10	4	50	4	504
10,0-50	2	5	3	38	3	1397
50-100	3	3	3	32	3	2032
100-180	4	2	2	28	2	2478
180-240	5	1.8	2	28	2	3277
240-300	6	1.5	1	24	1	3479
300-400	7	1.25	1	24	0	3758

Fuente: (Centro Piscícola Nanegal, 2011)

2.1.7 Enfermedades de la Tilapia (*Oreochromis sp*)

“Uno de los inconvenientes que presenta el cultivo de tilapia es la aparición de enfermedades en edades tempranas (larvas y alevines) causadas por hongos, parásitos, crustáceos, y un gran número de bacterias lo cual afecta el desarrollo y crecimiento del pez”. (Conroy, 2004, p. 1)

Este incremento en la aparición de enfermedades se relaciona directamente con la intensificación de los métodos de cultivo ya que en los últimos años las granjas piscícolas se han tecnificado de manera considerable, logrando cultivar Tilapias en densidades cada vez mayores, lo cual implica el uso de sistemas de recirculación de agua, lo cual ha generado un ambiente propicio para el desarrollo de varios tipos de patógenos, generando altos niveles de mortalidad dentro de las zonas de cultivo. (Villagomez, 2011, p. 1)

Tabla 6.

Enfermedades de la Tilapia

Patógeno	Enfermedad	Causa	Síntoma
Bacterianas	Septicemia hemorrágica bacteriana (SHB)	Bacterias Gram negativas como: <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Edwardsiella tarda</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Vibrios spp.</i>	Signos de oscurecimiento, exoftalmia, anorexia, y con áreas hemorrágicas en las bases de las aletas pectorales y ventrales en la región ocular. A nivel interno, se observa palidez hepática y la presencia de focos hemorrágicos. Necrosis del hígado, corazón, bazo y musculatura esquelética, así como necrosis en el tejido hematopoyético renal.
	Estreptococosis	<i>Streptococcus iniae</i>	Signos clínicos semejantes a la SHB.
	Tuberculosis o micobacteriosis	<i>Mycobacterium chelonae</i> , <i>M. fortuitum</i> y <i>M. marinum</i> .	Los peces afectados muestran pequeños granulomas focales en el hígado, bazo y riñón.
Micóticas	Dermatomycosis	<i>Saprolegnia spp.</i>	Presencia de lesiones de las aletas, boca y piel que son cubiertas por una masa de aspecto algodonoso y de un color blanquecino, blanquecino-grisáceo o amarillento, que corresponde al micelio del hongo.
Parasitarias	Ciliados “ich” o “ punto blanco”	<i>Ichthyophthyrus multifiliis</i>	Lesiones a nivel de piel, branquias, faringe y narinas.
	Crustáceos	<i>Copepodo Caligus spp.</i>	Erosión y hemorragias en la superficie del cuerpo.
Virales	Linfocistosis	Familia Iridovirus, dentro del grupo Poxvirus.	Las lesiones son ásperas y con crecimiento verrugoso en la piel

Fuente: (Conroy, 2004)

2.1.8 Calidad del agua

2.1.8.1 Parámetros físico-químicos

Para determinar la calidad del agua que se utiliza dentro de una instalación de piscicultura, se deben medir varios parámetros, entre los más importantes se encuentran pH, dureza, temperatura, densidad, oxígeno disuelto, alcalinidad, calcio, nitritos, nitratos, amonio total, hierro, fosfato, dióxido de carbono, sulfuro de hidrogeno (Alsaid, 2010) (Lopez, 2009, pág. 39)

Tabla 7.

Parámetros del agua

Parámetro	Rango óptimo
pH	6.5-9
Temperatura	Minima 24°C
Amonio Toxico (NH) ₃	0.01-0.1 mg/L
Nitritos (NO ₂ -N)	<0.1mg/L
Alcalinidad	0.1-0.2 mg/L
Dureza (CaCO ₃)	50-350
Dioxido de Carbono	<20mg/L
Oxigeno	Minimo: 4.5mg/L
Fosfatos	0.6-1.5 mg/L
Cloruros	<5mg/L
Sulfatos	<18mg/L

Fuente: (Norma Mexica para crianza deTilapias PC - 058-2006)

2.1.8.2 Características microbiológicas

En su ambiente de crianza, la flora microbiana de la tilapia depende de la flora existente en las aguas de donde proviene y esta puede variar de acuerdo con el hábitat de la especie, sobre todo con la temperatura, profundidad, grado de contaminación de las aguas y cercanía de la costa. En este aspecto se destaca la presencia de microorganismos psicrófilos Gram negativos (incluyendo *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Vibrionaceae* y *Aeromonadaceae*). Entre los Gram positivos existe una proporción variable de *Bacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Lactobacillus* y *Corynebacterium*. Bacterias patógenas o indicadoras de contaminación raramente son encontradas en el pescado recién capturado, a no ser que provenga de aguas excesivamente contaminadas con materia fecal. (Rivera, 2012, p. 45)

2.1.8.2.1 Escherichia coli y coliformes

E. coli es una bacteria cuyo hábitat natural es el tracto digestivo del hombre, por lo tanto, su presencia en los alimentos, es un indicador de contaminación directa o indirecta de origen fecal, lo que implica la presencia simultánea de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrios* y *Entamoebas*. En general las bacterias coliformes son buenos indicadores de contaminación fecal en fuentes de agua (Enriquez, 2010, p. 12).

Los límites permisibles para coliformes totales en piscicultura se encuentran bajo las especificaciones del TULAS (Texto Unificado Legislación Ambiental Secundaria) en cuanto a fuentes de agua para uso recreativo secundario (deportes náuticos y pesca).

Estos límites se expresan Número Más Probable de Coliformes Totales (NMP CT), y para este caso no pueden superar los 4000/100ml (TULAS, 2002, p. 30).

2.1.8.2.2 Microorganismos aerobios mesófilos

Según la Normativa Española para calidad del agua las bacterias aerobias son todas las bacterias heterótrofas, aerobias o anaerobias facultativas, mesófilas y psicotróficas capaces de crecer en un medio de agar nutritivo. Las mismas sirven para evaluar el estado de los recursos de agua en su origen y la eficacia del proceso de tratamiento de las aguas destinadas para diferentes usos, incluido el consumo humano, indicando la limpieza y el estado de los sistemas de distribución. De igual modo, permite detectar cambios anómalos en el número de microorganismos en la red de distribución. Así, todo aumento repentino del número obtenido puede advertir de la existencia de un foco de contaminación

En el Ecuador solo se manejan parámetros de aerobios mesófilos para el control de calidad del agua embotellada, dentro de la cual no pueden estar a una concentración mayor de $1,0 \times 10^2$ UFC/ml (Norma INEN, 2008)

2.2 Aceites esenciales

2.2.1 Actividad de los Aceites Esenciales en el organismo de Tilapia (*Oreochromis sp*)

Varios estudios realizados tanto en piscicultura como en crianza de pollos determinaron que el efecto beneficioso de los aceites esenciales en el aumento del peso corporal y la eficiencia alimenticia obedece a múltiples factores, entre los que se destacan su efecto antioxidante y antimicrobiano. (Milos, 2000, p. 81)

Dentro de las múltiples acciones que pueden cumplir los aceites esenciales en el organismo de los alevines, dentro de las más importantes se pueden citar los siguientes:

1) En el caso del aceite de tomillo, al adicionarlo la alimento, mejora la microflora intestinal mediante la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas como *Aeromonas hydrophila* (Seden, 2009) y aumentando la proliferación de bacterias beneficiosas como *lactobacilos*. (Jang I. K., 2007, p. 310)

Esto ayuda al desarrollo de los peces ya que las bacterias patógenas aumentan la velocidad de tránsito del alimento y el espesor de la mucosa del intestino lo cual reduce la digestibilidad de los nutrientes y la absorción de los mismos. (Hu *et al.*, 2002, pág.719) (Xia, 2005, pág. 309)

2) Mejoran la digestibilidad y la absorción de nutrientes, dado que los aceites esenciales aumentan la actividad digestiva de las enzimas pancreáticas (tripsina y α - amilasa) y del intestino (maltasa, fosfatasa alcalina y leucina aminopeptidasa) (Lee, 2003) (Jang I. H., 2007, p. 313)

3) Aumentan la cantidad de enzimas presentes en las microvellosidades intestinales tales como disacáridos, fosfatasa alcalina y leucina aminopeptidasa. Estas enzimas son componentes importantes de la membrana de las microvellosidades presentes en las células de absorción intestinal, donde se asocian con la degradación y la absorción de nutrientes en el intestino. (Ferraris, 1992, p. 1052)

4) Mejoran la inmunidad y la salud del cuerpo, además de tener efectos positivos sobre algunos tumores, procesos inflamatorios y en enfermedades comunes en las que la proliferación incontrolada de los radicales libres es muy perjudicial. (Trouillas, 2003, p. 406)

5) Son capaces de aumentar la concentración de proteínas y globulina en el plasma sanguíneo de los alevines, ya que en varias investigaciones al adicionar 0,1% y 0,25% de aceite de tomillo en el alimento (% P/P), dio como resultado que la cantidad total de proteína y globulina aumentaron significativamente ($p < 0,05$). (Shehata, 2013, p. 371)

Estos resultados coinciden con los hallazgos de (Al-Kassie, 2009, p. 169), quien informó que:

La dieta suplementada con 100 y 200 ppm de aceite de tomillo aumentó significativamente la cantidad total de proteína en el plasma. La actividad de las enzimas aspartato aminotransferasa (AST) y alanina aminotransferasa (ALT) también aumentaron significativamente ($p < 0,05$) gracias a la adición de 0,5% de aceite de tomillo. Estos resultados indican que la adición de 0,1 y el 0,25% de aceite de tomillo en la dieta de los alevines es capaz de mejorar las funciones del hígado y de los riñones, lo que repercute en la salud del pez.

2.2.2 Cúrcuma (*Curcuma longa*)

2.2.2.1 Generalidades

Curcuma longa es una planta herbácea perenne monocotiledónea perteneciente a la familia de las Zingiberaceae, comúnmente conocida como cúrcuma, usada principalmente como especia. Esta planta se encuentra ampliamente distribuida en la India y gran parte de Asia. (Mesa, 2006, pág. 308)

2.2.2.2 Taxonomía de la Cúrcuma (*Curcuma longa*).

Tabla 8.

Descripción taxonómica de la Cúrcuma

Reino	<i>Plantae</i>
Sub Reino	<i>Tracheobionta</i>
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Subclase	<i>Zingiberidae</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Zingiberaceae</i>
Genero	<i>Curcuma</i>
Especie	<i>Curcuma longa</i> L

Fuente: (Yongxiang, 2006)

2.2.2.3 Descripción botánica

La cúrcuma es una hierba perenne, con rizomas aromáticos de color amarillo brillante en su interior. Sus hojas son alternas, delgadas, de forma lanceolada, tienen peciolo largos, de 50 – 80 cm aproximadamente y de color verde claro. Desde un solo nudo pueden desarrollarse de 6 a 10 hojas, agrupándose en forma de penacho o borlas, durante su desarrollo; el limbo es elíptico, de 30 a 50 cm de largo y de 8 a 18 cm de ancho, es estrecho hacia la base y acuminado en el ápice.

Las flores son grandes y amarillas agrupadas en llamativas espigas basales, acompañadas de brácteas violáceas y tienen forma de embudo. (Clape, 2012, p. 99)

Los órganos subterráneos están constituidos por los rizomas cubiertos por hojas escamosas, y por raíces adventicias cilíndricas. Estos rizomas son alargados, carnosos, con muchas ramificaciones horizontales, con formaciones palmeadas que contienen los denominados “dedos” o rizomas individuales, de color mostaza. En la parte inferior se halla el sistema radicular adventicio, encargado de la función nutritiva de la planta. A veces, las raíces laterales se separan de la principal y se convierten en plantas independientes. Los pequeños brotes axiales producen largos tallos verdes con hojas erectas de 1 m. de largo, delgadas y estrechas, con bordes enteros y peciolo envainado en la base (Cuartas, 2004, p. 11)

2.2.2.4 Usos

Luego de varios estudios y experimentos médicos la cúrcuma ha demostrado poseer varias propiedades medicinales, tales como antiinflamatoria, hipoglucemiante, antiesclerótica, antihepatotóxica, diurética y carminativa, entre otras. El extracto de los rizomas de cúrcuma ha sido utilizado durante mucho tiempo para remediar infecciones intestinales, como un purificador de la sangre, como regulador de los niveles de glucosa altos y, sobretodo, para estimular la función biliar (Ahmad, 2007, p. 508).

“El extracto de cúrcuma se emplea también como refrigerante, aromático y astringente, además de promover la digestión. La pasta del rizoma se ha utilizado tradicionalmente para la curación de las heridas, cortes y picazón” (Srivastava, 2006, p. 155).

“El uso externo del rizoma es recomendable para el tratamiento de esguinces y enfermedades de la piel” (Grupta, 1999, p. 1562).

2.2.2.5 Otras investigaciones

La Cúrcuma (*Curcuma longa*) es la especia picante que le da al curry su peculiar sabor y su color amarillo intenso. Esta planta viene siendo usada desde la antigüedad en regiones cálidas y tropicales, como la India o el Sur de Asia, para mantener frescos los alimentos y prevenir el envenenamiento por alimentos descompuestos. Esta capacidad para preservar la comida deriva de sus propiedades antioxidantes y antibacterianas que ayudan a prevenir que los radicales libres y otros patógenos, como bacterias arruinen la carne y otros alimentos. Asimismo, desde hace 5 mil años, la antigua medicina tradicional de la India, la Medicina Ayurveda, viene empleándola para mantener la salud de sus pacientes, puesto que purifica la sangre, protege al hígado, calma la digestión, trata la artritis y, aplicada externamente, cura las heridas y enfermedades (Kang, 2005, p. 599).

Además en los últimos años se han realizado investigaciones para determinar la eficacia del uso de compuestos Fitobióticos en la nutrición avícola, con el objetivo de mejorar el desarrollo de los animales además de servir como tratamiento contra ciertas enfermedades, entre los compuestos estudiados, se destacan los extractos de Cúrcuma longa L (Mishra, 2014, p. 4).

“Los extractos de Cúrcuma (*Curcuma longa*) también han sido usados ampliamente como colorantes o tintes naturales en varios países como la India, Argentina entre otros” (Marzocca, 2004, p. 223).

2.2.2.6 Composición química de la planta

Los rizomas de *Curcuma longa* contienen curcuminoides, curcumina demetóxica, curcumina bisdemetóxica y dihidrocurcumina, los cuales vienen a ser anti-oxidantes naturales. Los rizomas frescos contienen dos fenoles naturales, los cuales poseen propiedades anti-oxidantes y anti-inflamatorias, además de dos clases de pigmentos (Barrera, 2013, p. 243).

A la curcumina se la conoce también como amarillo de cúrcuma y se encuentra en la raíz de *cúrcuma longa* y *cúrcuma viridiflora*. (Vaca, 2011, pág. 20)

2.2.2.7 Aceite esencial de Cúrcuma

El aceite esencial de los rizomas contiene monoterpenos como el borneol, alcanfor, terpineno, felandreno, sabine, cineol, zingibereno y sesquiterpenos como la tumerona, atlantona y curcumenol. El ketón y el alcohol identificados como carbinol tolimetílico, han sido obtenidos químicamente de la destilación, así como también se obtiene una sustancia de color cristalino que se considera como un metano diferuloide. Esta sustancia disuelta en ácido sulfúrico concentrado genera una coloración amarillo-rojiza (Córdova, 2005, p. 41).

2.2.2.8 Principales componentes del aceite esencial de *Cúrcuma*

Las raíces de *C. longa* contienen alrededor del 2,2% de aceite esencial, dentro del cual los constituyentes principales son:

Tabla 9.

Componentes de *Cúrcuma* (*Curcuma longa*)

Componente	Porcentaje
1,8-cineol	11,2% a 14,6%
α -turmerona	11,1%
β -cariofileno	9,8%
aR-turmerona	7,3% a 41,4%
β -sesquiphellandreno	7,1%
Tumerol	20 %
α -altantona	2,4 %

Fuente: (Hee Lee., 2011).

2.2.2.9 Propiedades físicas y biológicas

Una visión general sobre la composición del aceite esencial de *Curcuma longa* indica claramente el predominio de monoterpenos, lo que se corroboraría gracias a varios estudios los cuales muestran que el aceite de cúrcuma muestra una amplia gama de actividades biológicas en términos de propiedades antifúngicas y repelentes de insectos. (Shammugan, 2007, pág. 191).

“Otras investigaciones destacan la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *C. longa* contra *S. mutans*” (Hee Lee, 2011, p. 226).

2.2.3 Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

2.2.3.1 Generalidades

“Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) es una hierba aromática de clima tropical la cual presenta gran importancia comercial, la planta pertenece a la familia Poaceae” (Kumary, 2009, p. 1137).

2.2.3.2 Taxonomía de Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

Tabla 10.

Descripción taxonómica de la Hierba Luisa

Reino	<i>Cormobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliatae</i>
Subclase	<i>Commelinidae</i>
Orden	<i>Cyperales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Genero	<i>Cymbopogon</i>
Especie	<i>Citratus</i>

Fuente: (Soto et al., 2002)

2.2.3.3 Descripción botánica

“Es una hierba terrestre perenne de 0,5 a 2 m de altura, aromática con ligero olor a limón presenta hojas arrosetadas en la base de la planta, lineales, hasta de 1 m de longitud, estrechas, rojizas al secarse, flores reunidas en panículas de espiguillas y raramente florece” (Meza, 2013, p. 7).

2.2.3.4 Usos

Como planta medicinal, la Hierba Luisa se ha empleado como carminativa y repelente de insectos, además es ampliamente utilizado como té medicinal. El aceite esencial de esta planta es uno de los más importantes dentro del mercado mundial ya que es empleado en perfumería, como condimento y en la industria farmacéutica. El aceite extraído de las hojas se utiliza como espasmolítico, analgésico, antiinflamatorio, antipirético, diurético, además por sus propiedades tranquilizantes en el tratamiento de diversos trastornos digestivos, además varios compuestos presentes en este aceite esencial han demostrado propiedades bactericidas y antifúngicas (Kumary, 2009, p. 1137).

2.2.3.5 Composición química de la planta

La planta de Hierba Luisa contiene principalmente aceite esencial, del cual se han identificado 37 componentes, lo que representa aproximadamente el 94,5% del total de constituyentes detectados. El aceite contiene una mezcla compleja que consiste principalmente de hidrocarburos monoterpénicos (7,9%), monoterpenos oxigenados (78,2%), hidrocarburos de sesquiterpeno (3,8%) y sesquiterpenos oxigenados (1,6%).

Una porción (5,5%) de la composición total no fue identificada. La planta presenta otros componentes tales como fibra, carbohidratos solubles, calcio y fósforo (Gbenou et al., 2013, p. 1131).

2.2.3.6 Aceite esencial de Hierba Luisa

“El aceite esencial destilado que se obtiene de esta planta tiene una fragancia distintiva a limón pero menos intensa que el toronjil” (Damian, 1996). “Está presente en las hojas en una proporción de 0,25 al 0,35 %” (Romero, 2004).

2.2.3.7 Principales componentes del aceite esencial de Hierba Luisa

Los constituyentes principales del aceite esencial son:

Tabla 11.

Componentes Hierba Luisa (*Cymbopogon Citratus*)

Componente	Porcentaje
Z-Citral (neral)	31,15 %
E-Citral (Geranial)	43,37%
Limoneno	15,59%
Geraniol	4,74%
Linalool	1,10%
Acetato de Geranilo	0,64%

Fuente: (Castro, 2011) y (Linares, 2005)

2.2.3.8 *Propiedades físicas y biológicas*

Las características físicas de este aceite son: índice de refracción a 20°C de 1.48, densidad a 20°C de 0.878 y presenta solubilidad en etanol a 96°. El aceite esencial de hierba luisa se presenta en forma de líquido aceitoso transparente, de color amarillo pálido, que tiene el olor intenso a limón (Vasquez, 2009, p. 66).

Se han realizado varias investigaciones sobre la actividad antimicrobiana del aceite de Hierba Luisa, en especial contra *C. albicans* en fase líquida, las cuales mostraron que el aceite esencial presentó mayor actividad en comparación con los aceites esenciales de Menta y de Eucalipto. También presenta una elevada actividad antifúngica, la cual podría estar correlacionada con la presencia de un alto nivel de monoterpenos oxigenados (citral y neral). La acción antimicrobiana de los monoterpenos sugiere que se difunden dentro de las estructuras de la membrana celular generando daños en la misma (Tyagi, 2010, p. 9).

“El citral, principal compuesto del aceite esencial de Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) se valora como un compuesto antimicrobiano contra varias cepas bacterianas de interés tanto en el ámbito médico como alimentario, tales como *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*” (Korenblum, 2013, p. 2).

CAPÍTULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación geográfica

La presente investigación se realizó en el laboratorio CIVABI de la Universidad Politécnica Salesiana Bloque B en el tercer piso, en el laboratorio de Proyectos de Investigación, ubicado en la provincia de Pichincha, cantón Quito, Campus El Girón.

Tabla 12.

Condiciones ambientales del laboratorio

Temperatura ambiental media:	18 – 22 °C
Temperatura del agua media:	17 – 21 °C
Altitud (msnm):	2850 msnm
Oxígeno disuelto en agua	4.37 mg/L
pH del agua	7.44
Fuente hídrica:	Agua potable reposada

Fuente: Flores, Salazar, 2014

3.2 Establecimiento de dietas enriquecidas

3.2.1 Elección de aceites esenciales:

Para elegir los aceites esenciales en la presente investigación se tomaron como referencia trabajos similares con peces, en los cuales se empleaban aceites esenciales de Cúrcuma (*Curcuma longa L.*) y Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) por sus propiedades antibacterianas contra varias cepas patógenas dentro del cultivo de Tilapia roja, tales como *Streptococcus iniae* y *Streptococcus agalactiae* (Alsaid, 2010) (Phumkhachorn, 2010)

Además estos aceites han sido estudiados debido a que presentan propiedades inmunoestimulantes, las cuales podrían mejorar la tasa de crecimiento y supervivencia de Tilapia roja (Gabor, 2010) (Vaseeharan, 2014)

3.2.2 Elección del alimento balanceado

Para la elección del alimento se tomó en cuenta el porcentaje de proteína para el desarrollo del alevín, granulometría y absorción de los aceites esenciales en el alimento. El alimento es un balanceado comercial plus para alevines.

3.2.3 Elección del vehículo para el aceite esencial

Se eligió como vehículo el aceite de pescado, ya que este facilita la dilución de los aceites esenciales a estudiar. También se lo escogió porque es uno de los ingredientes dentro del proceso de elaboración del alimento, el cual aporta con diferentes nutrientes.

3.3 Formulación de las dietas enriquecidas con aceites esenciales

3.3.1 Materiales

Alimento balanceado sin ningún aceite

Aceite esencial de cúrcuma

Aceite esencial de hierba luisa

Aceite de pescado

Balanceado de alevines de tilapia

Vasos de precipitación de 250 ml

3.3.2 Equipos

Balanza analítica

Baño María

3.3.3 Procedimiento

Se realizó una serie de diluciones del aceite esencial en el vehículo, para lograr obtener el 0,4% P/P, en el alimento balanceado establecido en los objetivos de la presente investigación para lo cual se procedió de la siguiente manera:

% de inclusión de aceite esencial en alimento balanceado: 0,4% P/P

$$\% \frac{P}{P} = \frac{\textit{masa soluto}}{\textit{masa de la solución}} \times 100$$

g soluto = 0,4 g aceite esencial por cada 100 g de alimento

3.3.4 Preparación solución madre

Se pesó en una balanza analítica 5 g de aceite esencial de cúrcuma y se adicionó suficiente aceite de pescado hasta completar 100 g de solución madre dando una solución al 5% p/p. Para preparar la siguiente solución madre se utilizó el aceite esencial de hierba luisa siguiendo el mismo procedimiento.

3.3.5 Preparación del alimento al 0.4%

Se pesó 8 g de la solución madre de cúrcuma y se mezcló con 100 g de alimento balanceado para obtener 0.4% de aceite esencial de cúrcuma. Se realizó lo mismo con la solución madre de hierba luisa.

Para preparar el tratamiento de la mezcla de la hierba luisa y cúrcuma se pesó 4 gramos de la solución madre de cúrcuma y 4g de la solución madre de hierba luisa, se mezcló con 100 g de alimento balanceado y así se obtuvo alimento con 0.4% de concentración de los aceites esenciales.

3.3.6 Aplicación de la mezcla vehículo/aceite esencial en el alimento

Al tener las mezclas listas, sobre una capa fina de alimento se procedió a aplicar la mezcla vehículo /aceite esencial mediante aspersión de forma uniforme y con cuidado para que todo el balanceado absorba los aceites, posteriormente se colocó el alimento en recipientes de plástico cerrados y bien almacenados bajo refrigeración para evitar su descomposición.

3.4 Tratamientos

En la presente investigación se trabajó con 4 tratamientos, tres con los aceites esenciales a estudiar, cúrcuma, hierba luisa y mezcla 50:50 de ambos más uno con aceite de pescado usado como control.

Tabla 13.

Composición de los tratamientos utilizados

Tratamiento	Vehículo (Aceite de pescado)	Aceite de cúrcuma	Aceite de hierba luisa
Testigo (T7 y T8)	SI	NO	NO
Cúrcuma (T1 y T2)	SI	SI	NO
Hierba Luisa (T3 y T4)	SI	NO	SI
Mezcla (T5 y T6)	SI	SI	SI

Fuente: Flores, Salazar, 2014

3.4.1 Información nutricional del alimento

Tabla 14.

Información nutricional del balanceado

	Balanceado de alevines 50 %
Análisis proximal calculado	
Proteína mínimo	50 %
Grasa mínimo	10 %
Ceniza mínimo	12 %
Fibra mínimo	1 %
Humedad Max	12 %

Fuente: (BIOMIX, 2013)

Tabla 15.

Fórmula cuantitativa del balanceado

FÓRMULA CUANTITATIVA Balanceado de alevines 50 %			
Producto	Nivel de inclusión	Producto	Nivel de inclusión
Harinas marinas	75 %	Iodo	500 mg/Ton
Pasta de soya	5 %	Cobalto	100 mg/Ton
Arroz	5 %	Vit. A	5,000,000 UI/Ton
Maíz	4 %	Vit. D3	2,500,000 UI/Ton
Subproductos de industria harinera	1 %	Vit. E	100,000 mg/Ton
Aceite de pescado	5 %	Vit. K3	10,000 mg/Ton
Aceite vegetal	1 %	Vit. B1	20,000 mg/Ton
Levadura	3 %	Vit. B2	20,000 mg/Ton
Antimicótico (Ac. Propionico)	0,00 %	Vit. B6	15,000 mg/Ton
Antioxidantes (BHT-Etoxiq)	0,00 %	Ácido pantotenico	50,000 mg/Ton
Hierro	50,00 mg/Ton	Ácido Nicotinico	100,000 mg/Ton
Cobalto	100 mg/Ton	Biotina	1,000 mg/Ton
Cobre	5,000 mg/Ton	Ácido fólico	6,000 mg/Ton
Zinc	50,000 mg/Ton	Colina	150,000 mg/Ton
Manganeso	15,000 mg/Ton	Vit. C	100,000 mg/Ton
Pigmentos carotenos	60 mg/Ton	Inositol	100,000 mg/Ton
Selenio	100 mg/Ton	Vit. B12	30 mg/Ton

Fuente: (BIOMIX, 2013)

3.4.2 Procedimiento para la elaboración del alimento

1. Ultra molienda (180 a 200 micras)
2. Mezclado
3. Cocinado (Vapor)
4. Peletizado
5. Secado
6. Granulado
7. Recubrimiento
8. Empacado

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) acorde a investigaciones realizadas por (Rebaza, 2002) y (Montoya, 2011) sobre el efecto de diferentes tratamientos en peces. Cada tratamiento se realizó por duplicado con 20 alevines por acuario., dentro del diseño se planteó que cada acuario represente una unidad experimental independiente de las demás.

3.5.1 Características de la unidad experimental

Población:	160 alevines
Número de acuarios	Ocho
Animales por acuario	20
Edad de los alevines	8 semanas
Tamaño de muestra por tratamiento	40 alevines
Volumen de acuarios	50 L

3.6 Parámetros de evaluación abióticos

Dentro del diseño experimental se estableció una evaluación diaria de la temperatura, los otros parámetros se monitorean cada 15 días

3.6.1 Temperatura

La temperatura fue diariamente medida a diferencia de los demás parámetros debido a que la misma puede variar de un día para otro. La misma fue medida con la ayuda de un termómetro de mercurio a la hora de su primera comida, 10H00., y fue registrada en el cuaderno de notas. Se trabajó a temperatura ambiente para mantener uniformes las condiciones de los acuarios durante la etapa de experimentación.

3.6.2 pH

Para leer el pH del agua de cada acuario se utilizó un pH-metro digital

3.6.3 Nitritos y Nitratos

La lectura de nitritos y nitratos se realizó con un kit de tiras reactivas colorimétricos semi-cuantitativo.

3.6.4 Dureza

La dureza se expresa como la concentración de carbonato cálcico, en miligramos por litro y se siguió el método de análisis de dureza 2340 C según métodos normalizados APHA para análisis de aguas potables y residuales (Franson, 1992)

3.6.5 Oxígeno Disuelto

La lectura se hizo con un Medidor de Oxígeno Disuelto, en donde se introdujo el electrodo por un minuto en cada pecera, para luego proceder a la lectura de la medición.

3.6.6 Amonio

La lectura se realizó con un kit de amonio semi-cuantitativo donde se siguió las instrucciones del fabricante.

3.6.7 Conductividad

Para leer la conductividad del agua de cada acuario se utilizó un conductímetro digital

3.7 Parámetros de evaluación microbiológicos

La calidad microbiológica de los acuarios se evaluó tanto al principio como al final de la etapa de experimentación para determinar qué cambios sufrió la microflora de cada acuario, tomando en cuenta los cambios frecuentes de agua. Se determinó el número de coliformes y aerobios totales presentes en cada acuario.

3.7.1 Materiales

Placas petrifilm para Aerobios

Placas petrifilm para Coliformes

Pipetas estériles de 10 ml

Micropipetas

Puntas estériles de 1ml

Frascos estériles de 100 ml

3.7.2 Equipos

Cámara de flujo

Incubadora

Autoclave

3.7.3 Procedimiento

El material que se empleó para la siembra en las placas Nissui fue previamente autoclavado durante 45 minutos a 120° C, en el cual constaban tubos de ensayo con 8,75 ml de agua destilada.

Se emplearon frascos con tapa de 100 ml, para tomar muestras del agua de cada acuario, luego cada frasco fue rotulado con el código de cada tratamiento. Se dejó prendida la cámara de flujo laminar durante 15 minutos para eliminar impurezas presentes en la misma, previamente desinfectada con alcohol al 70%.

Empleando una micropipeta con puntas estériles se adicionaron 1,25 ml de muestra correspondiente a cada acuario dentro de su respectivo tubo de ensayo con agua estéril, con lo que se obtuvo una suspensión 1:8 (muestra –agua), la cual fue sometida a agitación en un vortex por 1 minuto. Se inoculó 1ml de cada suspensión en las Placas Nissui, cada siembra se realizó por triplicado. Posteriormente las placas fueron incubadas durante 24 horas a 35 °C para coliformes y durante 48 horas a la misma temperatura para aerobios totales. El conteo del número de UFC en cada placa se lo realizó empleando un contador digital, siguiendo las indicaciones de la guía de interpretación facilitada por el fabricante. Los datos se registraron como UFC/ml.

3.8 Descripción de los parámetros de crecimiento

Semanalmente se procedió a pesar y medir la longitud del pez. Para capturar los 20 alevines de cada acuario, se armó una red con las mismas dimensiones del acuario, logrando reducir el espacio y facilitando la captura.

Se trasladó los alevines a una lavacara con la misma agua del acuario, la cual se desinfectó entre cada medición junto con los materiales utilizados para evitar su contaminación en caso de haber presencia de patógenos.

3.8.1 Longitud

Materiales

Calibrador

Esponja

Se midió a cada alevín desde el extremo de la boca hasta el inicio de su cola, ya que en esa porción del cuerpo se encuentra la totalidad de la masa muscular presente en el cuerpo del alevín, la cual es importante dentro del estudio para consumo de tilapia. Su medición fue tomada en milímetros.

3.8.2 Peso

Materiales

Balanza Digital

Plato

Red

Tina de 5 Litros

Se llenó el plato con agua del acuario y se encero la balanza, con una red se capturó la totalidad de alevines por acuario, y se los colocó en el plato, en donde se tomó el peso total de los alevines existentes por cada tratamiento. Se pesó a los alevines en gramos.

3.8.3 Mortalidad

Mediante observación permanente de los acuarios se llevó un registro de índice de mortalidad de los alevines.

3.8.4 Relación longitud-peso

Se hizo mediciones de longitud y peso promedio semanales, con las cuales se obtienen las curvas de crecimiento longitud - peso

3.9 Análisis estadístico

3.9.1 Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

El análisis de varianza es una herramienta estadística que nos permite analizar una muestra que ha estado sometida a diferentes tratamientos, si hay variación los separa con un nivel de significancia de $p < 0.05$, para mostrar diferencias en crecimiento de las tilapias con cada tratamiento estudiado.

3.9.2 Prueba de correlación de Pearson

Es una prueba estadística en donde dos variables cuantitativas son evaluadas y correlacionadas.

Dentro de la presente investigación la relación entre el peso y longitud de las tilapias dentro cada tratamiento es un indicador el cual ayuda a determinar la tasa de crecimiento que presentan los peces a lo largo del tratamiento. Para las demás variables se aplicaran otras pruebas estadísticas

3.9.3 Prueba de Kruskal-Wallis

Esta prueba es la variación no paramétrica de un ANOVA, la cual compara las medias de dos o más grupos, determinando si existe o no diferencias significativas entre ellos, para lo cual se emplea un nivel de significancia $p < 0,05$. Dentro de esta prueba no es necesario que los grupos presenten una distribución normal u homogénea.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Parámetros abióticos

Las condiciones ambientales se mantuvieron constantes durante las 19 semanas de experimentación. Todas las mediciones se las hizo *in situ*, con ayuda de un termómetro de mercurio, un medidor de oxígeno disuelto y cintas semi-cuantitativas para análisis de calidad de agua (Aquarium test strips). Los parámetros físico – químicos se mantuvieron constantes durante toda la etapa de experimentación y fueron homogéneos entre los distintos tratamientos y el testigo.

4.1.1 Temperatura

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 10, el cual determinó una medida promedio de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5$, con una temperatura mínima de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una máxima de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Se estudió el efecto de las dietas bajo condiciones de estrés para los peces, puesto que la temperatura a la cual se desarrolló el experimento no es la óptima para el desarrollo de la tilapia, debido a que a temperaturas inferiores a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ el metabolismo del pez se deprime y el grado de conversión alimenticia disminuye, lo que genera bajos índices de crecimiento en el pez (Ruiz, 2004).

4.1.2 pH

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 8, el cual determinó un valor medio de 7,44.

En peces como la tilapia el rango normal de pH en el agua se encuentra entre 6,5 y 9,0 , ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel, combinado con una dureza normalmente alta, por lo tanto en nuestro ensayo este parámetro no afectó el desarrollo normal de los alevines (Villagómez, 2011,pág.6)

4.1.3 Concentración de Nitritos

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 13, el mismo que fue medido empleando un kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativas, las cuales presentaron resultados constantes durante las 19 semanas de experimentación. Las mediciones reportaron un valor promedio de 0 mg/L.

La concentración de nitritos en el agua dentro de sistemas cerrados de producción es de gran importancia, puesto que los nitritos son producto de la oxidación del amonio, siendo los mismos tóxicos para los peces en pequeñas cantidades, debido a esto la concentración de nitritos debe mantenerse en niveles inferiores a 0,1 mg / L . Con los resultados obtenidos se determinó que el rango es aceptable para la crianza de alevines de tilapia (León, 2009, pág.14)

4.1.4 Concentración de nitratos

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 14, el mismo que fue medido con un kit de tiras colorimétricas semi-cuantitativas, las cuales presentaron datos constantes durante las 19 semanas de experimentación. Los análisis reportaron un valor promedio de entre 10 y 25 mg / L

Aunque menos tóxicos que los nitritos, los nitratos son importantes dentro de sistemas cerrados de producción Los valores reportados se encuentran dentro de los parámetros de calidad de agua.

4.1.5 Dureza del agua

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 12, el mismo que fue medido siguiendo el protocolo señalado por las Normas Apha para parámetros de calidad del agua, en la misma la dureza se expresa en ppm de CaCO₃. Los valores de dureza obtenidos durante las ocho semanas de control fueron constantes, con un valor de 3 dGH, haciendo la conversión a ppm corresponden a valores entre 81,9 y 45,9 mg/L CaCO₃.

“Para la crianza de tilapias los rangos óptimos se encuentran entre 20 y 350 mg / L siendo este parámetro importante al momento de determinar la calidad del agua” (Hernández, 2004, pág. 39).

4.1.6 Oxígeno Disuelto

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 15, en el cual durante el tiempo de experimentación las lecturas se mantuvieron constantes y no existió una diferencia significativa entre los tratamientos. El promedio durante las ocho semanas de experimentación fue 4,3 mg/L.

“Estos niveles de oxígeno son propicios para la supervivencia, pero generan un crecimiento lento de los alevines de Tilapia”. (López, 2009, pág.44)

4.2 Parámetros de evaluación microbiológica

Los resultados de este parámetro se muestran en el anexo 20, en el cual el número de UFC /ml tanto de aerobios totales como de coliformes presentes en cada acuario no presentan diferencias significativas entre los tratamientos además de que el número de UFC es bajo por lo que no supera los límites señalados en la legislación ambiental vigente en el Ecuador para coliformes totales en piscicultura empleando fuentes de agua para uso recreativo secundario (deportes náuticos y pesca) los cuales se expresan en número más probable de coliformes totales (NMP CT).

Para este caso no pueden superar los 4000/100ml. (TULAS, 2002, pág. 31). En cuanto a aerobios totales la norma no indica un límite permisible.

4.3 Parámetros de crecimiento

Dentro del diseño experimental cada tratamiento se realizó por duplicado por lo que los datos de peso y longitud promedio se tomaron individualmente de cada acuario; al no existir diferencias significativas para estos parámetros entre las repeticiones del mismo tratamiento, se unieron los datos de las repeticiones correspondientes a su respectivo tratamiento en un solo para su posterior análisis estadístico.

Para evitar sesgo en las mediciones debido a las características territoriales de la especie mantenida en acuario, donde predomina el crecimiento de los individuos dominantes sobre los más débiles, al analizar los datos de cada alevín se decidió tomar en cuenta solo los diez mayores datos de cada acuario.

4.3.1 Incremento de longitud

Con los datos obtenidos de longitud promedio se determinó cuál es el porcentaje de ganancia de este parámetro en cada uno de los tratamientos durante diecinueve semanas. La tabla 16 muestra el porcentaje de ganancia de longitud para cada una de las dietas.

Los valores de ganancia se obtienen aplicando la fórmula:

$$\text{Ganancia de longitud relativa} = \frac{\text{Longitud final} - \text{Longitud inicial}}{\text{Longitud inicial}} \times 100$$

Tabla 16.

Incremento de longitud en los tratamientos con aceites esenciales

Tratamiento	Incremento longitud
T1 (Cúrcuma 1)	20,88 %
T2 (Cúrcuma 2)	20,98 %
T3 (H.L 1)	30,46 %
T4 (H.L 2)	24,19 %
T5 (Mezcla 1)	33,69 %
T6 (Mezcla 2)	29,77 %
T7 (Testigo 1)	17,38 %
T8 (Testigo 2)	12,84 %

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Este parámetro se calculó empleando los resultados de la tabla 19 aplicados a la fórmula de ganancia de longitud relativa, los resultados se sometieron a una test de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene), posteriormente fueron analizados empleando el test ANOVA de una vía, mediante el programa estadístico PAST (Hammer, 2001, pág. 9), con lo que se puede establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0$) en este caso el valor de P calculado es menor a 0,05, por lo que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 17.

Resultados Anova Incremento de Longitud

Análisis de Varianza incremento de longitud a la semana 19					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad $P < 0,05$
Entre grupos	2974,95	3	991,651	23,34	0
Dentro de grupos	3228,46	76	42,4798		
Total	6203,42	79			

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Posteriormente se aplicó el test post hoc de Tukey, el cual dio como resultado que los tratamientos Mezcla y Hierba Luisa presentan los mejores resultados en cuanto a la variable incremento de longitud, ya que poseen los valores de media más altos respecto a los demás tratamientos, mientras que los tratamientos cúrcuma y testigo presentaron rendimientos similares . Los resultados se muestran en la tabla 18

Tabla 18.

Test de Tukey Incremento de longitud

Tratamiento	Media	Homogéneo
Cúrcuma	20,61	A
H.L	28,23	B
Mezcla	30,75	B
Testigo	15,40	A

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

4.3.2 Longitud promedio

Los datos de longitud promedio de la semana uno a la diecinueve para cada tratamiento se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 19.

Resultados de las longitudes promedio en cada tratamiento.

Tratamiento	Inicio del tratamiento (mm) Semana 1	Final del tratamiento (mm) Semana 19
T1 (Cúrcuma 1)	33,09	40
T2 (Cúrcuma 2)	34,22	41,4
T3 (H.L 1)	31,58	41,2
T4 (H.L 2)	32,45	40,3
T5 (Mezcla 1)	33,21	44,4
T6 (Mezcla 2)	33,52	43,5
T7 (Testigo 1)	32,97	38,7
T8 (Testigo 2)	33,41	37,7

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Los resultados de la variable longitud promedio, los cuales fueron obtenidos semanalmente se sometieron a una test de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene). Posteriormente se aplicó la prueba ANOVA de una vía con el programa estadístico PAST, (Hammer, 2001) mediante el cual se puede establecer si los tratamientos presentan diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$). En el Anexo 19, se detalla los datos obtenidos correspondientes a cada semana.

Tabla 20.

Resultados Anova Longitud promedio

Análisis de Varianza de la longitud a la semana 19					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad P < 0,05
Entre grupos	332,277	3	110,759	2,228	0,092
Dentro de grupos	3778,75	76	49,7204		Unilateral 0,046
Total	4111,03				

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Según los resultados arrojados por el ANOVA de un factor, no existe diferencia significativa entre tratamientos ($p= 0,092$). Por lo que la incorporación de aceites esenciales en una inclusión de 0,4 % p/p, no representa una mejora de la variable longitud en los tratamientos.

4.3.3 Incremento de peso

Con los datos obtenidos de peso promedio, los cuales se obtuvieron a las diecinueve semanas de experimentación, se pudo determinar cuál es el porcentaje de ganancia de peso en cada uno de los tratamientos.

Esto permitirá analizar de qué manera las dietas enriquecidas con aceites esenciales influyen en el desarrollo de alevines de Tilapia. La Tabla 21 muestra el porcentaje de incremento de peso en cada uno de los tratamientos.

Los valores de ganancia se obtienen aplicando la fórmula:

$$\text{Ganancia de peso relativa} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Tabla 21.

Incremento de peso de los tratamientos con aceites esenciales

Tratamiento	Incremento Peso
T1 (Cúrcuma 1)	38,41%
T2 (Cúrcuma 2)	57,24%
T3 (H.L 1)	88,99%
T4 (H.L 2)	53,60%
T5 (Mezcla 1)	104,73%
T6 (Mezcla 2)	101,73%
T7 (Testigo 1)	52,85%
T8 (Testigo 2)	25,78%

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Este parámetro se calculó empleando los resultados de la tabla 24 aplicados a la fórmula de ganancia de peso relativa, los resultados se sometieron a un test de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene).

Posteriormente fueron analizados mediante el test ANOVA de una vía mediante el programa estadístico PAST, (Hammer, 2001) con lo que se puede establecer si existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), en este caso el valor calculado de $P = 0,0054$ es menor a $0,05$, por lo que existen diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 22.

Resultados Anova Incremento de Peso

Análisis de Varianza					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p<0,05
Entre grupos	26785,9	3	8928,62	4,56	0,005433
Dentro de grupos	148816	76	1958,11		
Total	175602	79			

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Posteriormente se aplicó el test post hoc de Tukey, en el cual los tratamientos Hierba luisa y Mezcla presentaron los mejores datos en cuanto a la variable incremento de peso, ya que tenían los mejores valores de media respecto a los demás tratamientos. Mientras que los tratamientos Cúrcuma y Testigo presentaron datos similares. Los resultados se muestran en la tabla 23

Tabla 23.

Test de Tukey Incremento de Peso

Tratamiento	Media	Homogéneo
Cúrcuma	42,65	A
H.L	72,67	AB
Mezcla	79,78	B
Testigo	37,64	A

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

4.3.4 Peso promedio

Los datos de peso promedio de la semana uno a la diecinueve para cada tratamiento se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24.

Resultados de pesos promedios en los diferentes tratamientos

Tratamiento	Inicio del tratamiento (g)		Final del tratamiento (g)	
	Semana 1		Semana 19	
T1 (Cúrcuma 1)	1,51		2,09	
T2 (Cúrcuma 2)	1,45		2,28	
T3 (H.L 1)	1,09		2,06	
T4 (H.L 2)	1,25		1,92	
T5 (Mezcla 1)	1,48		3,03	
T6 (Mezcla 2)	1,47		2,96	
T7 (Testigo 1)	1,23		1,88	
T8 (Testigo 2)	1,28		1,61	

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Los resultados de la variable peso promedio, los cuales fueron obtenidos semanalmente se sometieron a una test de homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene). Posteriormente se aplicó la prueba ANOVA de una vía con el programa estadístico PAST, (Hammer, 2001) mediante el cual se puede establecer si los tratamientos presentan diferencias significativas entre sí ($p < 0,05$). En el Anexo 19, se detalla los datos obtenidos correspondientes a cada semana

Tabla 25.

Resultados del ANOVA peso promedio

Análisis de Varianza					
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad $p < 0,05$
Entre grupos	17,5979	3	5,86598	2,731	0,04963
Dentro de grupos	163,244	76	2,14795		
Total	180,842				

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Según los resultados arrojados por el ANOVA de un factor, existe diferencia significativa de peso promedio entre tratamientos ($p = 0,05$). Por lo que la incorporación de aceites esenciales en una inclusión de 0,4 % p/p, representa una mejora de la variable peso promedio en los tratamientos.

Posteriormente se aplicó el test post hoc de Tukey, el cual dio como resultado que los tratamientos Hierba luisa, Cúrcuma y Testigo presentaron valores similares, mientras que el tratamiento Mezcla presentó el mejor resultado en cuanto a la variable peso promedio ya que posee el valor de media más alto respecto a los demás tratamientos. Los resultados se muestran en la tabla 26

Tabla 26.

Test de Tukey Datos peso promedio

Tratamiento	Media	Homogéneo
Cúrcuma	2,19	AB
H.L	1,99	AB
Mezcla	3,0	B
Testigo	1,75	A

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

4.3.5 Relación Longitud-Peso

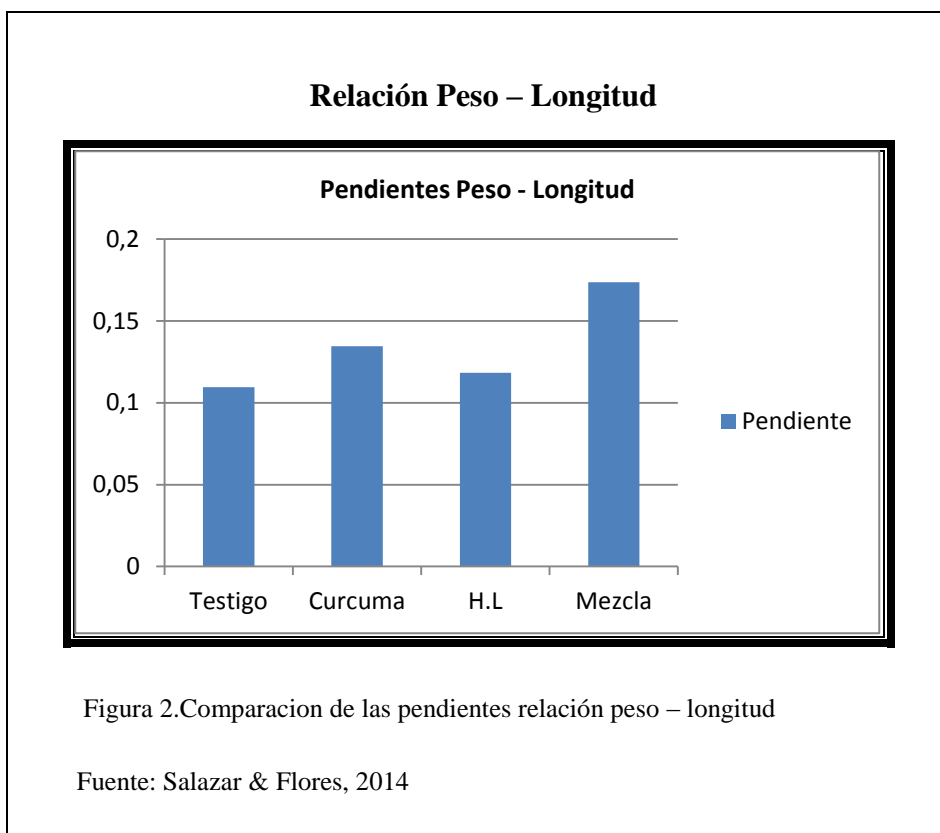
Obtenidos los resultados semanales de las variables longitud y peso, se realizó una prueba de correlación de Pearson, para conocer qué relación puede existir entre estas dos variables. Se obtuvieron las curvas de correlación para los tratamientos y el testigo, mediante lo cual se podrá identificar cuál presenta la mejor asociación y el mayor incremento de peso en función de la longitud a través de la pendiente de la ecuación lineal.

Tabla 27.

Evaluación Peso - Longitud entre tratamientos

Cúrcuma		H.L		Mezcla		Testigo	
Longitud (mm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Peso (g)	Longitud (mm)	Peso (g)
29,2	0,80	33,3	0,8	31,6	0,8	32,7	1,00
29,7	0,80	33,4	1,1	34,4	1,2	34,0	1,10
31,2	0,81	34,2	1,2	34,6	1,3	34,8	1,10
31,4	0,90	36,1	1,2	35,3	1,3	35,1	1,20
31,8	0,92	36,8	1,4	36,9	1,4	35,4	1,30
34,1	1,00	37,4	1,5	39,1	1,8	36,2	1,3
34,6	1,20	38,3	1,5	39,2	1,8	36,2	1,4
36,1	1,21	38,3	1,6	39,9	1,9	37,0	1,50
38,6	1,30	39,7	1,6	40,0	1,9	37,1	1,70
41,3	1,7	39,9	1,6	40,8	2	37,4	1,70
42,2	2,10	41,4	1,8	40,9	2	37,5	1,80
42,7	2,40	41,6	2,2	41,1	2	38,0	1,80
43,5	2,50	43,1	2,3	42,3	2,1	38,0	1,80
43,9	2,50	44,2	2,3	42,5	2,2	39,2	1,80
45,2	2,6	44,4	2,6	49,2	3,6	40,3	1,90
45,9	2,70	44,9	2,6	49,8	3,7	41,2	2,00
47,6	3,40	45,8	2,6	55,4	5,6	42,6	2,30
52,6	4,30	46,2	2,9	59,2	7,1	42,8	2,60
53,9	4,30	46,3	3	60,8	7,2	44,1	2,80
58,8	6,30	49,8	4	65,8	9	44,3	2,80

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014



Al evaluar los indicadores estadísticos R^2 , generados en las ecuaciones lineales de cada tratamiento durante las distintas mediciones se determinó que todos los tratamientos y el testigo presentan una asociación positiva (+), R^2 cercano a 1, lo que evidencia que existe una correlación positiva entre longitud y peso, según indica la correlación de Pearson. Por tanto la longitud es un buen predictor del peso de los alevines de Tilapia.

Al someter los promedios de las pendientes de los distintos tratamientos a una prueba de Anova de 1 vía, dio como resultado un valor calculado de $p = 0,00$ lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Posteriormente dichos promedios fueron sometidos al test post hoc de Tukey, en el cual se concluyó que los tratamientos Hierba luisa, Cúrcuma y Testigo presentan similares relaciones peso - longitud, mientras que el tratamiento Mezcla presenta los mejores resultados ya que posee el valor de media más alto respecto a los demás tratamientos. Los resultados se muestran en la tabla 25

Es importante determinar la relación peso – longitud en el estudio de peces, ya que a lo largo de su vida el peso corporal varía como una potencia de la longitud (relación alométrica), pudiendo calcular esta relación mediante las ecuaciones propuestas por (Sparre, 1995, pág. 47). Se ha establecido que la talla es una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la talla, por lo que si al crecer el pez mantiene su forma, se dice que presenta un crecimiento isométrico, si por el contrario, no se mantiene la proporcionalidad el crecimiento es alométrico (Granado, 2002, pág. 183)

Tabla 28.

Prueba Tukey Relación Peso - Longitud

Tratamiento	Media	Homogéneo
Cúrcuma	0,13	A
H.L	0,11	A
Mezcla	0,17	B
Testigo	0,11	A

Elaborado por: Salazar & Flores, 2014

4.4. Supervivencia

Para la supervivencia se obtuvieron datos de los peces vivos por semana para cada tratamiento, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 29.

Resultado de supervivencia en cada tratamiento

Semana	Testigo	Cúrcuma	H.L	Mezcla
1	40	40	40	40
2	40	39	40	40
3	40	39	40	40
4	39	39	40	37
5	38	39	39	37
6	38	39	38	37
7	38	39	38	37
8	38	38	38	37
9	38	35	37	36
10	38	35	36	35
15	37	35	35	34
16	37	34	35	34
17	37	34	35	34
19	37	34	35	34

Elaborado por: Salazar y Flores, 2014

Realizando una prueba de Kruskal-Wallis se determinó el valor de $p = 0,227$. Con este resultado se determina que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) entre los tratamientos y el control. La principal causa de mortalidad fueron los brotes ocasionales de saprolegniasis y parásitos, típicos de ambientes acuáticos.

Tabla 30.

Porcentaje de Mortalidad en cada tratamiento

Tratamiento	% de Mortalidad
Cúrcuma	15
Hierba Luisa	12,5
Mezcla	15
Testigo	7,5

Elaborado por: Salazar & Flores, 2014

Para facilitar el análisis de la mortalidad en cada tratamiento se determinó el porcentaje de individuos muertos del total, dentro de cada acuario. Complementariamente se graficaron los alevines presentes en cada tratamiento semanalmente durante 5 meses.

Comparación de mortalidades a las 19 semanas en los tratamientos

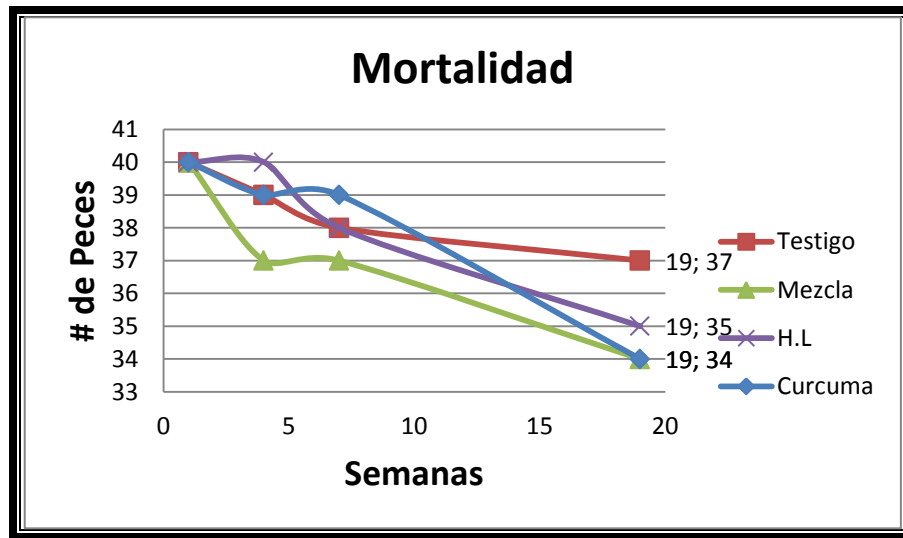


Figura 3. Índice de Mortalidad de los Alevines de tilapia durante la experimentación.

Fuente : Salazar y Flores, 2014

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Al evaluar los parámetros abióticos del agua se determinó que estos permanecieron constantes durante toda la fase de experimentación, por lo tanto todos los acuarios estuvieron bajo las mismas condiciones, generando iguales niveles de estrés en todas las unidades experimentales; en alevines de tilapia sometidos a temperaturas inferiores a 20°C deprimen el metabolismo del pez haciendo que el grado de conversión alimenticia disminuya, lo que genera bajos índices de crecimiento en los peces.

En base a los resultados obtenidos las concentraciones tanto de aerobios como de coliformes se mantuvieron dentro de los límites permisibles para la crianza de tilapia determinando que no incidieron en su normal desarrollo.

Comparando estadísticamente los datos obtenidos en la variable longitud promedio se concluye que no existe una diferencia significativa ($p = 0,092$) entre los tratamientos, los cuales presentaron crecimientos similares en comparación al control. Por lo que la inclusión de aceites esenciales no representa una mejora en la variable longitud promedio en los alevines de tilapia.

Por el contrario, al analizar estadísticamente los datos de la variable peso promedio se concluye que existe una diferencia significativa ($p = 0,05$) entre los tratamientos, por lo que al realizar el test de comparación de Tukey se determinó que las dietas con inclusión de aceites esenciales de Hierba luisa (T3 y T4) y Cúrcuma (T1 y T2) generaron un aumento moderado en el peso, mientras la mezcla de ambos aceites (T5 y T6) fue la que registro el mejor aumento de peso en comparación al Testigo (T7 y T8). Por lo que la inclusión de aceites esenciales representa una mejora en la variable peso en los alevines de tilapia.

En cuanto al porcentaje de incremento de peso se concluye que existe diferencia significativa entre tratamientos ($p = 0.005$). Esto se refleja en la prueba de Tukey, la cual indica que la Cúrcuma (T1 y T2) genera un porcentaje de incremento de peso similar al Testigo (T7 y T8), al contrario de la Mezcla de los aceites (T5 y T6) la cual genera la mejor tasa de conversión, mientras que la Hierba Luisa (T3 y T4) genera un aumento más moderado.

Sin embargo la desviación estándar del control es menor que la de los tratamientos, por lo que la inclusión de los aceites esenciales tiende a generar un desarrollo menos homogéneo de los alevines en acuario, probablemente debido a la mayor competencia entre los peces dominantes y menor oportunidad de desarrollo en los más débiles

Dentro del parámetro incremento de longitud, al contrario de la longitud promedio, se pudo determinar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, $p < 0,05$. Esto se pudo confirmar mediante la prueba estadística de Tukey, la cual señala que la Cúrcuma (T1 y T2) genera un porcentaje de incremento en longitud similar al Testigo (T7 y T8), mientras que la Mezcla de los aceites (T5 y T6) y la Hierba Luisa generan porcentajes de incremento en longitud similares.

De acuerdo con la prueba estadística de Kruskal-Wallis no se observa que el porcentaje mortalidad tanto en el Testigo (T7 y T8) como en los demás tratamientos difiera significativamente ($p = 0,227$). Por lo que bajo las condiciones de experimentación, la inclusión de los aceites esenciales no influye en el nivel de mortalidad de los alevines.

En el parámetro relación peso-longitud se demuestra estadísticamente, que existe una correlación positiva entre las dos variables, por lo tanto la longitud es un buen predictor del peso dentro de la crianza de alevines de tilapia, por otra parte, los promedios de las pendientes de las regresiones lineales de los tratamientos presentan diferencias significativas $p < 0,05$.

Al analizar los promedios de estas pendientes mediante la prueba de Tukey, se encontró que existe un comportamiento similar entre los tratamientos de Cúrcuma (T1 y T2), Hierba Luisa (T3 y T4) y Testigo (T7 y T8), mientras que la mezcla de los aceites (T5 y T6) presenta una pendiente claramente superior.

Al relacionar todas las variables del estudio podemos concluir que el desempeño de las dietas enriquecidas con aceites esenciales de Cúrcuma (T2 y T1) y Hierba luisa (T3 y T4) presentaron comportamientos similares a la dieta empleada como Testigo (T7 y T8), mientras que las dietas enriquecidas con la mezcla de los dos aceites esenciales (T5 y T6), presentaron un comportamiento claramente diferenciado de los demás tratamientos como del testigo.

Recomendaciones

Sugerimos establecer un método estandarizado, el cual permita la inclusión de aceites esenciales en alimentos balanceados de manera homogénea, con la finalidad de garantizar la uniformidad de la mezcla final.

Realizar un mayor número de mediciones para consolidar los datos obtenidos evitando la generación de valores atípicos, que podrían afectar el análisis estadístico posterior.

En futuras investigaciones se recomienda trabajar con diferentes porcentajes de inclusión de aceite esencial, con el fin de determinar una concentración óptima y encontrar un límite de formulación.

Es importante experimentar la incorporación de aceites esenciales en alimentos balanceados en las diferentes etapas (juveniles, engorde y reproductiva) de la tilapia.

Para un mejor análisis de datos sería primordial desarrollar la fase de experimentación durante un periodo más prolongado de tiempo en condiciones normales de cultivo.

Sería recomendable realizar un estudio microbiológico de las cepas bacterianas presentes en el sistema digestivo de los peces, antes y durante la inclusión de aceites esenciales dentro de dieta, a fin de determinar si estas dietas tienen o no influencia sobre la microflora intestinal de los peces

Se recomienda profundizar en el análisis de la relación entre peso y longitud, ya que diversas investigaciones han estudiado el crecimiento de varias especies de tilapia, incluida la tilapia Roja (*Oreochromis sp*) y han llegado a la conclusión de que dependiendo de factores tanto ambientales como de cultivo, como la temperatura y densidad de siembra, las tilapias pueden presentar crecimiento Alométrico o crecimiento Isométrico.

Lista de Referencias

- Abdel-Fattah, M. (2006). Tilapia Culture. *Ocenography Department* . Alexandria, Egypt: Faculty Science, Alexandria University.
- Ahmad, S. K. (2007).). Estudios Phytoquimicos , Farmacologicos y Etnobotanicos realizados en Man go Ginger (Curcuma amada Roxb.: Zingiberaceae). En *Investigacion Fitoterapia* (págs. 507-516). Phitother Res.
- Al-Kassie, G. (2009). Influencia de los extractos de dos plantas, Tomillo y Canela en el rendimiento de pollos para engorde. *Pak.Vet.J* , 29:169-173.
- Alsaid, M. D. (2010). ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE ALGUNOS EXTRACTOS DE ESPECIAS CULINARIAS CONTRA STREPTOCOCCUS AGALACTIAE Y SU USO PROFILACTICO PARA PREVENIR INFECCIONES ESTREPTOCOCCICAS EN HIBRIDO DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.). *Revista mundial de Pesca y Ciencias Marinas* , 532-538.
- Arellano, A. (2013). Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la Tilapia Oreochromis aureus (Perciformes:Cichlidae) en el lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical* , 1-9.
- Barrera, C. E. (2013). Actividad antibacteriana y determinación de la composición química de los aceites esenciales de romero (Rosmarinus officinalis), tomillo (Thymus vulgaris) y cúrcuma (Curcuma longa) de Colombia. *Rev Cubana Plant Med* , 237-246.
- Betancourt, L. (2012). Evaluacion de aceites esenciales de orégano en la dieta de pollos de engorde. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- BIOMIX. (2013). Alimento balanceado.
- Calles, O. (2012). Sintesis de Derivados de Piperidona análogos a la curcumina con actividad antineoplásica medisnte catálisis Heterogenea . *Universidad Politecnica de Valencia* , 1-86.
- Castro, J. B. (2011). Aislamiento y Epoxidación con dimetildioxirano de los constituyentes mayoritarios de los aceites esenciales de Tagedes lucida , Cymbopogon citratus , Lippia alba y Eucalyptus citriodora . *Tesis de Pregrado* . Pereira, Colombia: Universidad Tecnologica de Pereira.
- Centro Piscicola Nanegal. (2011). *Tilapia : Guia tecnica para el cultivo y explotacion* , 1-22.

Citarasu, T. (2010). BIOMEDICIA HERBAL: UNA NUEVA OPORTUNIDAD PARA LA ACUICULTURA . *Aquacult* , 403-414.

Clape, O. C. (2012). *Avances en la caracterizacion farmacotoxicologica de la planta medicinal Curcuma longa L.* Obtenido de <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192012000100013&lng=es&nrm=iso>

Colpos. (2 de Diciembre de 2005). *Cultivo de tilapias en estanques rusticos.* Obtenido de Curso taller dictado a jovenes emprendedores de las zonas rurales: <http://tilapiasdelsur.com.ar/downloads/Cultivodetilapiaenestanquesrusticos.pdf>

Conroy. (2004). *Revista Panorama acuicola.* Obtenido de http://www.panoramaacuicola.com/ediciones/pam-9-6/pam-9-6_20-25.pdf

Cordova, J. C. (2005). Proyecto de extracción de aceite esencial de Jengibre como alternativa de exportación. *Tesis de Pregrado* . Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Córdova, J. C. (2005). Proyecto de extracción de aceite esencial de Jengibre como alternativa de exportación. *Tesis de Pregrado* . Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Cuartas, C. R. (2004). Evaluación sistémica de las potencialidades empresariales a partir de la Cúrcuma longa en el departamento de caldas. 1-70.

Damian, P. (1996). Utilización de los aceites esenciales para el bienestar fisico y emocional. Mexico D.F. *Etoile* , 1-9.

Enriquez, S. (2010). Distribucion espacial de la presencia de coliformes totales en el embalse de la ESPOL . *Tesis de pregrado* . Guayaquil , Guayas , Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral .

FAO. (28 de OCTUBRE de 2014). *EL ESTADO MUNDIAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA.* Obtenido de www.fao.org

Ferraris, R. S. (1992). Regulación de la actividad de las enzimas presentes en los bordes filamentosos y migración de enterocitos dentro del intestino delgado de ratones. *Revista Americana de Phisologia* , G1047-G1059.

Franson, M. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* Madrid: Editorial Días Santos.

Gabor, E. F. (2010). EFECTOS DE ALGUNAS PHYTOADITIVOS SOBRE EL CRECIMIENTO, SALUD Y CALIDAD DE LA CARNE EN DIFERENTES ESPECIES DE PECES . *Ciencia animal y Biotecnologias* , 43.

Gbenou et al. (2013). Composición fitoquímica de los aceites esenciales de *Cymbopogon citratus* y *Eucalyptus citriodora* y evaluación de sus propiedades anti-inflamatorias y analgésicas en ratas . *Wistar. Mol Biol Resp* 40.

Gómez, M. (2011). Edad y crecimiento del híbrido de *Tilapia Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes : Cichlidae) en la represa "Zimapán" Hidalgo , México. *Revista de Biología Tropical* , 1-10.

Granado, C. (2002). *Ecología de Peces* . Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.

Grupta, A. G. (1999). Determinación simultánea de curcuminoides en muestras de *Curcuma* empleando cromatografía de capa fina de alta resolución. En *J Liq Chromatogr Rel Technol* (págs. 1561-1569).

Hammer, O. (2001). Past : Paquete de software de estadística paleontológica para educación y análisis de datos. *Paleontologia electronica* , 1-9.

Hee Lee, K. (2011). Aceite Esencial de *Curcuma longa* Inhibe la formación de biopelículas de *Streptococcus mutans*. *Journal of Food Science* , Vol. 7 Nr. 9.

Hernández, J. (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis* sp) en aguas duras en la región de la Cañada , Oaxaca Mexico. *Revista de Acuicultura* , 38-43.

Hu, X. G. (2002). Estudio del mecanismo de interacción entre la montmorillonita y las bacterias. (págs. 718-720). *Sinica*: 37.

Immanuel, G. (2009). Extractos de plantas medicinales incluidos en la dieta mejoran el crecimiento , actividad inmune y supervivencia de tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Centro de ciencia marina y tecnologia* , 1462-1475.

Jang, I. H. (2007). Efecto de un aceite esencial comercial en el rendimiento del crecimiento , actividad de las enzimas digestivas y población de la microflora intestinal en pollos de engorde. En *Tecnologia de Alimentacion Animal* (págs. 304-315).

Jang, I. K. (2007). Efecto de un aceite esencial comercial en el rendimiento del crecimiento , actividad de las enzimas digestivas y población de la microflora intestinal en pollos de engorde . En *Tecnologia de Alimentacion Animal* (págs. 304-315).

Jimenez, R. (2007). ENFERMEDADES DE TILAPIA EN CULTIVO. *Proyecto Senecyt PIC-229* . Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Jiménez, R. (2007). ENFERMEDADES DE TILAPIA EN CULTIVO. *Proyecto Senecyt PIC-229* . Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

Kang, J. H.-D.-J.-Y. (2005). Actividad Antibacteriana de *Curcuma longa* L. contra *Staphylococcus aureus* resistente a la Meticilina. En *Investigacion en Fitoterapia* (págs. 599-604). Phytother Res.

Kikonyogo, A. .. (1999). Mecanismo de inhibicion de la aldehido deshidrogenasa por el citral , un antagonista retinoide . *Revista Europea de Bioquimica* , 704 - 712.

Korenblum et al. (2013). Acción antimicrobiana y efecto anti-corrosivo del aceite esencial de Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) de y su principal componente, el citral contra las bacterias reductoras de sulfatos. *AMB Express*.

Kumary, R. A. (2009). *Evaluación de los cambios en células lipídicas y composición del aceite esencial de Hierba Luisa (Cymbopogon citratus (DC) Stapf.) debido a la implementación de irradiación ultravioleta*. India: B-Ecology Research Laboratory, Department of Botany, Banaras Hindu University.

Lee, S. H. (2003). Tamizaje de extractos provenientes de plantas medicinales, en busca de actividad antioxidante. En *Life Sci* (págs. 167-179).

Leon, A. (2009). PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA MICROEMPRESA DEDICADA AL CULTIVO Y COMERCIALIZACION DE TILAPIA -OREOCHROMIS SPP.- AL MERCADO DE LOS ESTADOS UNIDOS UBICADA EN LA PARROQUIA DE MINDO, SAN MIGUEL DE LOS BANCOS. *Tesis de Pregrado* . QUITO, ECUADOR: Escuela Politecnica Nacional.

León, A. (2009). PROYECTO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACION DE UNA MICROEMPRESA DEDICADA AL CULTIVO Y COMERCIALIZACION DE TILAPIA -OREOCHROMIS SPP.- AL MERCADO DE LOS ESTADOS UNIDOS UBICADA EN LA PARROQUIA DE MINDO, SAN MIGUEL DE LOS BANCOS. *Tesis de Pregrado* . QUITO, ECUADOR: Escuela Politecnica Nacional.

Liñan, W. (2007). Crianza de Tilapia. En *Crianza de Tilapia* (pág. 110). Peru: Macro EIRL.

Linares, S. (2005). Efecto de la fertilización , densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraido de *Cymbopogon citratus* Staff. . *Revista de la facultad de Agronomia* , 250-263.

- Lopez, R. (2009). Modelo Tecnológico para el cultivo de Tilapia (*Oreochromis sp*) en jaulas. *Manual de Piscicultura* , 1-133.
- Lowe, S. B. (2004). 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. *Una selección del Global Invasive Species Database* . University of Auckland, Nueva Zelanda : Grupo Especialista de especies invasoras (GEEI).
- Marzocca, A. (2004). Plantas exóticas colorantes o tintóreas cultivadas en la República Argentina. Buenos Aires, Argentina: Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.
- Mesa, M. (2006). Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Curcuma longa L.* y de los cucuminoides. *Ars Farmaceutica* , 307 - 321.
- Meza, K. V. (2013). Evaluación de la Actividad Antibacteriana in vitro del aceite esencial de hierba Luisa (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf), Poaceae en una formulación cosmética con finalidad antiacnéica. *Tesis de pregrado* . Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Milos, M. (2000). Composición química y efecto antioxidante de compuestos volátiles unidos glicosídicamente, presentes en oregano (*origanum vulgare L. spp hirtum*). En *Química de Alimentos* (págs. 79-83). 71.
- Mishra, P. (10 de Julio de 2014). *Curcuma y Capsicum Fitobioticos en la nutrición avícola*. Obtenido de <http://bmeditores.com/curcuma-y-capsicum-fitobioticos-en-la-nutricion-avicola-i/>
- Montoya, J. (2011). Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas ? . *Ciencia y Mar Universidad del Mar Oaxaca* , 61-70.
- Norma INEN. (2008). *Norma Técnica Ecuatoriana* , 1-9.
- Norma Mexicana para crianza de Tilapias PC - 058-2006. (s.f.). *Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en Tilapia* , 1-44.
- Pallares, H. y. (2012). EFECTOS DEL ACIDO OMEGA 3 Y LA COMBINACION OMEGA 3 - OMEGA 6 EN LA ALIMENTACION DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SPP.*) EN LA FINCA, EL PORVENIR, PRE PARROQUIA SAN GABRIEL DEL BABA KM 9 VIA A JULIO MORENO, EN LA ZONA DE SANTO DOMINGO. SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, PICHINCHA , ECUADOR.
- Phumkhachorn, P. (2010). Potencial del Aceite de Canela (*Cinnamomum verum*) para controlar infecciones generadas por *Streptococcus iniae* en Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Sociedad Japonesa de ciencias pesqueras* , 287-293.

Quinonez, D. (2008). EFECTO DE BACTERIAS ACIDO LACTICAS Y LEVADURAS CON POTENCIAL PROBIOTICO EN EL CULTIVO DE LAS TILAPIAS OREOCHROMIS NILOTICUS Y OREOCHROMIS SPP. SINALOA, MEXICO.

Rattanachaikunsopon, P. (2009). Potencial del Aceite de Cebollino Chino como antimicrobiano natural para el control de infecciones generadas por *Flavobacterium columnare* en Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Sociedad Japonesa de ciencias pesqueras* , 1431-1437.

Rebaza, C. (2002). Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachyomus* "PACO" en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales . *Folia Amazónica Vol.13* , 1-14.

Rios, E. (2008). Estudio del perfil de compuestos volátiles de los rizomas de *Curcuma longa* L. Cultivada en el departamento del Quindío-Colombia . *Revista de Investigacion de la Universidad del Quindío* , 1-6.

Rivera, M. M. (2012). Determinación del perfil bacteriológico de *Oreochromis niloticus* (tilapia) fresca y su respectiva agua de estanque proveniente del cantón Atiocayo Municipio de San Pablo Tacachico La Libertad. *Tesis de pregrado* . San Salvador , El Salvador: Universidad de El Salvador.

Romero, M. (2004). *Tratado de Aromaterapia científica*. Buenos Aires: KIER.

Saavedra, M. (2006). Manual del Cultivo de Tilapia. Managua , Nicaragua: CIDE.

Seden. (2009). Efecto de *Origanum vulgare* como suplemento alimenticio en el desarrollo del crecimiento , conversión alimenticia y composición total del organismo de alevines de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) expuestos a *Aeromonas hydrophila*. *J.Agric.Sci. Universidad de Mansoura*.

Shammugan, V. (2007). Comparación de la composición química y actividad antifúngica de los aceites presentes en las hojas de *Curcuma longa* L., extraídos mediante diferentes técnicas de destilación . *Esencias y Perfumes Flavour Fragance* , 191-196.

Shehata, S. M.-S. (2013). Actividad Antibacterial de los aceites esenciales y sus efectos en el rendimiento de alevines de Tilapia del Nilo . *Med Sci* , 367-372.

Simarra, V. D. (2004). Situación actual de las especies introducidas en el Ecuador con fines acuícolas . *Tesis de grado* . Guayaquil, Guayas, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral .

Soto et al. (2002). Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D.C)Stapf(Caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* , 89-95.

Sparre, P. (1995). Introducción a la Evaluación de recursos pesqueros tropicales . *Manual FAO Fish* , 1-376.

Srivastava, S. S. (2006). Evaluacion farmacognostica de Curcua amada . India: Roxb. Proc. Natl Acad Sci .

Suarez, F. (2009). Efecto de la reutilización del agua en la crianza y produccion de Tilapia roja. *Universidad del Azuay* , 1- 72.

Tituana, L. (2012). UTILIZACION DE LA HORMONA TESTOSTERONA EN REVERSION SEXUAL EN TILAPIAS EN EL COMPLEJO LA CHOLLERA EN EL CANTON DE PILLARO DE LA PROV DE TUNGURAHUA . *Tesis de Pregrado* . Guaranda, Bolivar, Ecuador: Universidad Estatal de Bolivar.

Trouillas, P. C. (2003). Propiedades antioxidantes , anti-inflamatorias y antiproliferativas de extractos de dieciséis plantas acuaticas usados en el campo como te herbal. *Food chem* , 399-407.

TULAS. (2002). “Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua”.

Tyagi, A. M. (2010). *Actividad antifúngica de aceites esenciales seleccionados tanto en fase líquida como en vapor contra candida albicans: observaciones microscópicas y caracterización química de cymbopogon citratus* . Obtenido de Tiagy and Malik BMC Medicina Complementaria y Alternativa: <http://www.biomedcentral.com/1472-6882/10/65>

Valencia, L. (2009). Proyecto de Factibilidad para la creación de una microempresa dedicada al cultivo y comercialización de tilapia – Oreochromis sp – al mercado de los Estados Unidos ubicada en la parroquia de Mindo, cantón san Miguel de los Bancos. *Proyecto previo a la obtencion del titulo de Ingenieria en ciencias economicas y financieras* . San Miguel de los Bancos, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional.

Vaseeharan, B. (2014). Derivados de plantas medicinales como inmunoestimulantes : Una alternativa para los quimioterapeuticos y antibioticos en la acuicultura . *Industrias de Acuicultura* , 1079-1091.

Vasquez, E. (2009). Extracción y Evaluación de los aceites esenciales de Cymbopogon citratus y Lippia alba quimiotipo citral , dos especies cultivadas en la región del Quindio . *Trabajo de Investigacion* . Quindio, Colombia: Universidad de Quindio.

Villagomez, L. B. (2011). Elaboracion de un probiotico a base de microorganismos nativos y evaluacion de su efecto benefico al proceso digestivo de la tilapia roja

(*Oreochromis spp.*) en etapa de engorde en la zona de Santo Domingo. *Tesis de grado* . Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador: Escuela Politecnica del Ejercito.

Villarreal, S. (2008). ELABORACION DE UNA DIETA BALANCEADA UTILIZANDO GALLINAZA COMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEINA EN LA ALIMENTACION DE TILAPIA ROJA MACHO (*OREOCHROMIS SPP.*). *TESIS* . IBARRA, ECUADOR: UNIVERSIDAD TECNICA DE LOJA.

Xia, M. (2005). Efectos del cobre adicionado con montmorillonita en el desempeño del crecimiento , la microflora intestinal y morfología de lechones destetados. *Tecnología de alimentación en Animales* , 307-317.

Yongxiang, Y. (2006). Comparación de la Bioactividad y Composición de Curcumina pura presente en los aceites de Curcuma (*Curcuma Longa L.*) proveniente de diferentes fuentes. Carolina de Sur, EE.UU: Clemson University .

Zambrano, M. (2011). *CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE ESPECIES DE PECES DE AGUA DULCE AUTOCTONOS FACTIBLES DE DESARROLLO EN AMBIENTE CONTROLADO*. Guayaquil.

Ziesler, R. (1997). *Bibliografía sobre los peces de agua dulce de America Latina*. Michigan: FAO EEUU.

ANEXOS

Anexo 1: Acuarios



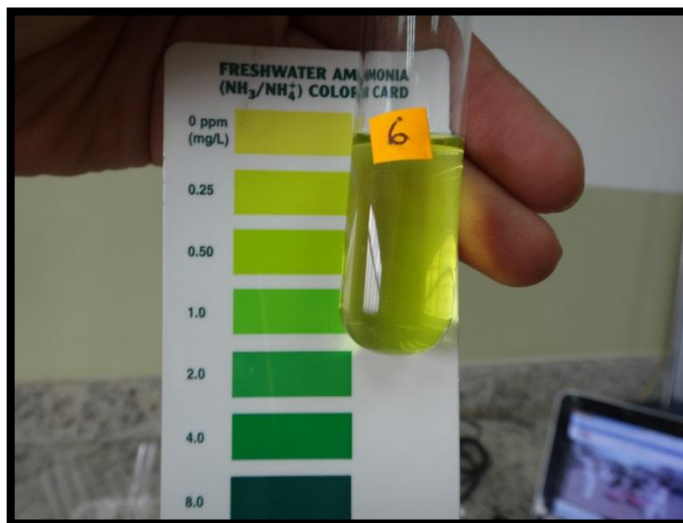
Anexo 2: Longitud



Anexo 3: Peso



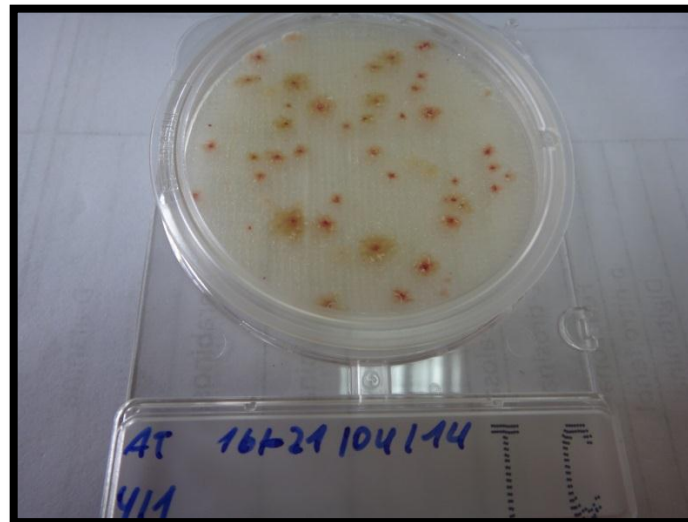
Anexo 4: Lectura de amoniaco



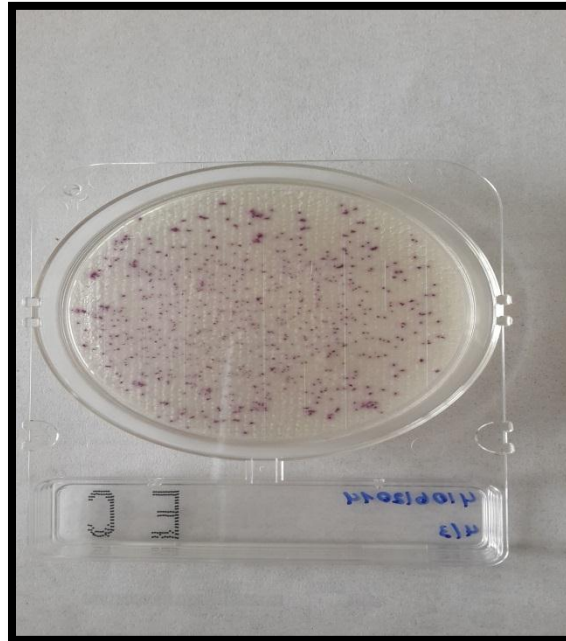
Anexo 5: Cuantificación de nitritos y nitratos



Anexo 6: Placa de aerobios totales



Anexo 7: Placa de coliformes



Anexo 8: Cuadro de pH

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	7,215	7,252	7,234	7,269	7,266	7,146	7,235	7,005
15	7,336	7,301	7,295	7,455	7,39	7,416	7,348	7,378
30	7,582	7,52	7,341	7,657	7,464	7,05	7,45	6,858
45	7,778	7,644	7,709	7,544	7,731	7,561	7,592	7,716
60	7,704	7,719	7,385	7,678	7,629	7,509	7,605	7,572

Anexo 9: Cuadro de Conductividad

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	1110	1035	866	1087	1188	575	767	544
15	1090	914	997	1119	1265	693	852	718
30	1134	1150	981	1098	860	681	950	782
45	1122	1200	1026	944	989	654	948	974
60	1173	1211	871	1007	1399	716	892	1082

Anexo 10: Cuadro de Temperatura

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	19.5	19	20.6	18.8	20.1	19.6	21.2	20.1
15	18	18.5	18	18.5	19	19	19.5	19
30	20	20	21	20.5	21	21	22	23
45	18	18	18	18	18	18	19	19
60	18.3	18.5	19	19	19	19.5	20.5	21

Anexo 11: Cuadro de Amoniaco

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0.25	0.5	0	0.5	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0.5	1
60	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0

Anexo 12: Cuadro de Dureza de agua

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	62.04	52.12	55.84	59.56	53.26	45.91	60.8	55.84
15	134.02	112.93	130.3	120.37	119.13	111.68	119.13	117.89
30	78.18	69.49	71.97	76.94	59.56	73.21	73.21	69.49
45	79.42	73.21	73.21	70.73	70.73	73.21	70.73	78.18
60	80.66	79.42	74.45	70.73	76.94	71.94	74.45	81.9

Anexo 13: Cuadro de Nitritos

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	0	1	0	0	0	20	5	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	1
60	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 14: Cuadro de Nitratos

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	10	25	25	0	10	100	50	10
15	10	25	25	25	25	25	25	10
30	10	0	10	10	10	10	10	0
45	0	10	10	10	10	0	0	10
60	10	10	10	10	10	10	10	10

Anexo 15: Cuadro de Oxígeno Disuelto

Días	Testigo 1	Testigo 2	Curcuma	Curcuma	H.L 1	H.L 2	Mezcla 1	Mezcla 2
0	3.1	4.21	4.31	5.01	4.3	1.78	2.4	3.9
15	3.15	3.02	2.21	5.17	3.39	3.95	4.58	2.5
30	3.76	4.77	4.67	5.24	5.09	4.73	4.67	3.18
45	4.91	4.98	5.67	4.69	4.4	5.7	5.89	5.42
60	5.35	5.09	4.48	5.92	5.27	4.52	4.24	4.62

Anexo 16: Parámetros de crecimiento semana 0

Pecera 9			Pecera 5			Pecera 8			Pecera 3		
Aceite Pescado			Aceite Pescado			Cúrcuma			Cúrcuma		
Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso
ud	to Peso	(g)	(mm)	to Peso	(g)	d (mm)	to Peso	(g)	ud	to Peso	(g)
17,4	0,18	0,18	19,6	0,27	0,27	17,6	0,2	0,15	15	0,17	0,17
17,7	0,02	0,20	20,3	0,05	0,32	17,7	0,00	0,15	18,7	0,03	0,20
19,8	0,15	0,35	20,3	0,00	0,32	18,1	0,02	0,17	19,4	0,06	0,26
19,9	0,00	0,35	20,4	0,01	0,33	20,8	0,01	0,18	21,2	0,14	0,40
20,3	0,03	0,38	21,8	0,10	0,43	22,3	0,16	0,34	21,2	0,00	0,40
22,1	0,12	0,50	22,4	0,05	0,48	23,3	0,11	0,45	21,9	0,06	0,46
23,4	0,09	0,59	22,5	0,00	0,48	23,3	0,00	0,45	21,9	0,00	0,46
24,1	0,04	0,63	26,2	0,27	0,75	23,6	0,03	0,48	23,7	0,14	0,60
24,1	0,00	0,63	27,8	0,12	0,87	23,8	0,02	0,50	24,4	0,06	0,66
25,1	0,07	0,70	27,9	0,01	0,88	26,1	0,25	0,75	25	0,05	0,71
27,8	0,18	0,88	28,4	0,04	0,92	26,2	0,01	0,76	25,3	0,02	0,73
29,4	0,11	0,99	28,9	0,03	0,95	26,7	0,05	0,82	25,5	0,02	0,75
29,4	0,00	0,99	30,6	0,13	1,08	28,2	0,16	0,98	27,7	0,18	0,92
31,3	0,13	1,12	31,1	0,04	1,12	30,1	0,20	1,18	31,2	0,28	1,20
32,7	0,09	1,21	32,1	0,07	1,19	31,5	0,15	1,33	34	0,22	1,43
33	0,02	1,23	32,3	0,01	1,20	31,7	0,02	1,36	37,5	0,28	1,71
35,8	0,19	1,42	35,1	0,21	1,41	32,7	0,11	1,46	38,8	0,10	1,81
36,4	0,04	1,46	35,8	0,05	1,46	35,6	0,31	1,78	39,5	0,06	1,87
36,6	0,01	1,47	39,1	0,24	1,70	42,2	0,71	2,49	40,6	0,09	1,96
37,3	0,05	1,52	40,7	0,12	1,82	46	0,41	2,90	42,1	0,12	2,08
543,6		16,8	563,3		18,0	547,5		18,7	554,6		18,8
27,2		0,8	28,2		0,9	27,4		0,9	27,7		0,9

Pecera 7			Pecera 2			Pecera 6			Pecera 1		
Hierba Luisa			Hierba Luisa			Hierba Luisa + Cúrcuma			Hierba Luisa + Cúrcuma		
Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso	Longitud	Incremento	Peso
d (mm)	to Peso	(g)	d (mm)	to Peso	(g)	d (mm)	to Peso	(g)	d (mm)	to Peso	(g)
18,1	0,31	0,31	21,1	0,4	0,35	17,2	0,0	0,01	17,2	0,13	0,13
19,7	0,09	0,40	21,3	0,02	0,37	18,1	0,01	0,02	19,8	0,01	0,14
22,2	0,15	0,55	22,1	0,06	0,43	18,4	0,01	0,03	20,3	0,01	0,15
22,9	0,04	0,59	22,9	0,06	0,49	19	0,01	0,04	20,4	0,00	0,15
23,3	0,02	0,61	23	0,01	0,50	19,2	0,01	0,05	21,8	0,01	0,16
23,5	0,01	0,62	23,1	0,01	0,51	19,5	0,00	0,05	22,1	0,03	0,19
23,6	0,01	0,63	23,6	0,04	0,55	20,9	0,15	0,19	22,3	0,02	0,21
23,9	0,02	0,65	25,8	0,17	0,72	20,9	0,00	0,19	22,9	0,07	0,28
24,4	0,03	0,68	26,1	0,02	0,75	24,9	0,42	0,61	24,3	0,16	0,43
25,2	0,05	0,72	26,1	0,00	0,75	25,3	0,04	0,65	26,7	0,27	0,70
25,9	0,04	0,76	26,4	0,02	0,77	25,7	0,04	0,70	27,1	0,04	0,75
26,3	0,02	0,79	27,4	0,08	0,85	26,9	0,13	0,82	29,1	0,22	0,97
26,4	0,01	0,79	27,8	0,03	0,88	27,4	0,05	0,87	30,3	0,13	1,11
29,1	0,16	0,95	29	0,09	0,97	30,1	0,28	1,16	31,2	0,10	1,21
30,9	0,10	1,05	30,2	0,09	1,07	32,2	0,22	1,38	32,6	0,16	1,36
31,4	0,03	1,08	30,7	0,04	1,11	33,8	0,17	1,54	33,8	0,13	1,50
33,1	0,10	1,18	32	0,10	1,21	35	0,13	1,67	34	0,02	1,52
36,3	0,19	1,37	36	0,31	1,53	35,9	0,09	1,76	35,6	0,18	1,70
37,2	0,05	1,42	42,2	0,49	2,01	41,8	0,62	2,38	38,2	0,29	1,99
39,2	0,12	1,54	42,8	0,05	2,06	43,3	0,16	2,54	43,3	0,57	2,56
542,6		16,7	559,6		17,9	535,5		16,7	553,0		17,2
27,1		0,8	28,0		0,9	26,8		0,8	27,7		0,9

Anexo 17: Parámetros de crecimiento semana 19

Pecera 9			Pecera 5			Pecera 8			Pecera 3		
Aceite Pescado			Aceite Pescado			Cúrcuma			Cúrcuma		
Longitud	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud	Incremento Peso	Peso (g)
31,7	0,8	0,8	32,1	0,9	0,9	42,7	2,4	2,4	58,8	6,3	6,3
37,5	2,6	1,8	42,8	3,7	2,8	52,6	6,7	4,3	24,9	6,7	0,4
31,8	3,4	0,8	41,2	5,7	2,0	45,9	9,2	2,5	53,9	11,0	4,3
44,3	6,0	2,6	42,6	8,0	2,3	47,6	12,6	3,4	42,2	13,6	2,6
44,1	8,8	2,8	32,7	9,0	1,0	45,2	15,3	2,7	43,5	14,8	1,2
39,2	10,6	1,8	34,0	10,1	1,1	28,3	15,9	0,6	43,9	17,3	2,5
31,7	11,7	1,1	35,4	11,3	1,2	41,3	18,0	2,1	36,1	18,6	1,3
37,1	13,4	1,7	40,3	13,2	1,9	29,7	18,8	0,8	31,4	19,5	0,9
28,4	14,3	0,9	30,3	14,0	0,8	24,4	19,2	0,4	28,0	20,2	0,7
37,0	15,8	1,5	36,2	15,4	1,4	28,1	19,9	0,7	30,2	20,9	0,7
33,4	17,0	1,2	34,8	16,5	1,1	23,0	20,2	0,3	28,1	21,5	0,6
38,0	18,8	1,8	28,2	17,2	0,7	31,8	21,1	0,9	27,9	22,1	0,6
25,6	19,6	0,8	27,9	17,7	0,5	34,1	22,1	1,0	34,6	23,3	1,2
30,0	20,4	0,8	31,9	18,6	0,9	29,2	22,9	0,8	38,6	25,0	1,7
24,5	20,8	0,4	28,7	19,2	0,6	25,5	23,4	0,5	31,2	25,8	0,8
36,2	22,6	1,8	28,5	20,0	0,8	28,6	23,9	0,5	29,4	26,6	0,8
35,1	23,9	1,3	37,4	21,3	1,3				25,0	27,0	0,4
38,0	25,6	1,7							25,8	27,5	0,5
26,6	26,2	0,6									
23,6	26,6	0,4									
673,8		26,6	585,0		21,3	558,0		23,9	633,5		27,5
33,7		1,3	34,4		1,3	34,9		1,5	35,2		1,5

Pecera 7			Pecera 2			Pecera 6			Pecera 1		
Hierba Luisa			Hierba Luisa			Hierba Luisa + Cúrcuma			Hierba Luisa + Cúrcuma		
Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)	Longitud (mm)	Incremento Peso	Peso (g)
41,4	2,3	2,3	46,2	3,0	3,0	60,8	7,2	7,2	24,2	0,4	0,4
49,8	6,3	4,0	46,3	4,6	1,6	55,4	12,8	5,6	41,1	2,3	1,9
30,2	7,1	0,8	44,9	7,2	2,6	49,2	16,4	3,6	27,5	2,9	0,6
38,3	8,7	1,6	37,4	8,7	1,5	39,9	18,2	1,8	36,9	4,3	1,4
45,8	11,6	2,9	33,3	9,9	1,2	49,8	21,9	3,7	31,6	5,1	0,8
44,4	14,2	2,6	31,2	10,9	1,0	40,8	23,9	2,0	30,2	5,8	0,7
43,1	16,4	2,2	41,6	13,5	2,6	40,0	25,9	2,0	29,1	6,6	0,8
38,3	18,0	1,6	44,2	15,8	2,3	39,1	27,7	1,8	28,8	7,4	0,8
36,8	19,5	1,5	39,7	17,6	1,8	28,9	28,5	0,8	42,3	9,6	2,2
34,2	20,6	1,1	33,3	18,7	1,1	34,4	29,8	1,3	35,3	10,8	1,2
25,4	21,1	0,5	28,0	19,2	0,5	32,2	30,7	0,9	30,4	11,7	0,9
32,5	22,0	0,9	36,1	20,6	1,4	34,6	32,0	1,3	31,0	12,6	0,9
30,9	22,8	0,8	30,8	21,4	0,8	26,6	32,6	0,6	65,8	21,6	9,0
30,0	23,6	0,8	29,2	22,1	0,7	32,7	33,6	1,0	59,2	28,7	7,1
39,9	24,4	0,8	28,8	22,8	0,7	26,6	34,2	0,6	42,5	30,8	2,1
28,3	25,0	0,6	33,4	24,0	1,2	28,7	35,0	0,8	40,9	32,7	1,9
			28,3	24,7	0,7	25,1	35,5	0,5	39,2	34,7	2,0
			31,7	25,6	0,9						
			25,7	26,1	0,5						
589,3		25,0	670,1		26,1	644,8		35,5	636,0		34,7
36,8		1,6	35,3		1,4	37,9		2,1	37,4		2,0

Anexo 18: Cuadro de aerobios y coliformes

Tratamiento	Aerobios Totales (UFC/ml)		Coliformes (UFC/ml)	
	Iniciales	Finales	Iniciales	Finales
T1 (Curcuma 1)	115	33,33	66,33	72,33
T2 (Curcuma 2)	75,6	42	65,7	88,33
T3 (H.L 1)	87	19,67	76	21
T4 (H.L 2)	65,6	57	51,67	46
T5 (Mezcla 1)	13,6	41,33	225	8,33
T6 (Mezcla 2)	26,6	19,67	15,67	49,67
T7 (Testigo 1)	48,6	23,67	187	100,33
T8 (Testigo 2)	58	18,33	48,33	15,33

