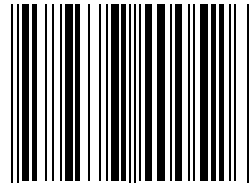




**USO DE ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO  
 COMO ADITIVO FUNCIONAL EN SISTEMAS DE  
 PRODUCCIÓN DE TILAPIA  
 (OREOCHROMIS NILOTICUS)**



ISBN: 978-958-740-052-6





**VENCEDORES  
DEL VERANO**



# Uso de aceites esenciales de orégano como aditivo funcional en sistemas de producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*)



MARZO DE 2011



**VENCEDORES  
DEL VERANO**



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA

Línea de atención al cliente: 018000121515  
atencionalcliente@corpoica.org.co  
www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-052-6  
CA: PR08100269  
CUI: 1245  
Boletín de investigación: No. 15  
Primera edición: Marzo de 2011  
Tiraje: 1.000 ejemplares  
Equipo técnico: Diego Rodríguez, Germán Afanador; Claudia Ariza, Olga Mayorga,  
Diana Vásquez, Melisa Núñez, Hugo Jiménez  
Edición: Hugo Jiménez

Producción editorial:  
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Diseño: Dannhttle

Impreso en Colombia  
Printed in Colombia

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>Capítulo 1.</b> PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN COLOMBIA .....	7
<b>Capítulo 2.</b> EL ORÉGANO Y SUS ACEITES ESENCIALES .....	10
<b>Capítulo 3.</b> EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA NILÓTICA .....	15
<b>Capítulo 4.</b> EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO SOBRE LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DEL FILETE DE TILAPIA NILÓTICA.....	23
<b>Capítulo 5.</b> EFECTO MODULADOR DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO SOBRE LA FLORA MICROBIANA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE LA TILAPIA NILÓTICA.....	25
<b>CONCLUSIONES</b> .....	30
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	31



## INTRODUCCIÓN

La producción de tilapia es la actividad piscícola más importante en Colombia, la cual, representa el 65% del total de la producción piscícola nacional. De acuerdo con las cifras del informe general del estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la tilapia (2008), la dinámica en la producción piscicultura, particularmente en lo que refiere a la tilapia ha crecido a una tasa anual del 23.31% si se tienen en cuenta las cifras del año 1985 (450 TM) al año 2006 (45.101 TM). Estos resultados se deben en parte a la capacidad y oportunidad de algunas regiones geográficas del país que han estimulado el aumento en sus niveles de producción, en la generación de empleo rural y en su potencial exportador, posicionando esta cadena como una de las cadenas más promisorias de los últimos años. Sin embargo, los altos costos de producción y el impacto que dentro de estos costos tiene el uso y calidad de alimento balanceado comercial, ubicado entre un 63.7% a 78.7%, hace necesario que se promueva y desarrolle una agenda de investigación que estudie el uso óptimo de los recursos disponibles y propenda por una mayor capacidad competitiva del sector.

El estudio de prospectiva de la cadena de Tilapia realizado en el año 2008 por el MADR resalta diferencias importantes en los factores de conversión y niveles de digestibilidad de los peces según los sistemas productivos en los que se desarrolla la actividad piscícola, problemática de gran impacto en la disminución de la productividad, eficiencia y calidad de los productos con aumento notable en el tiempo del ciclo productivo y disminución de la calidad del producto determinadas generalmente por la presencia de sustancias y microorganismos patógenos en los peces.

Frente a esta problemática, muchas investigaciones en la actualidad tienen como objetivo evaluar el uso y adición en alimentos balanceados de Aceites Esenciales (AE) extraídos de algunas plantas que como el orégano, presentan propiedades de uso como aditivo funcional en sistemas de alimentación de cerdos, aves y peces mediante un efecto específico sobre una o varias funciones del organismo, particularmente sobre la fisiología, nutrición y salud de los animales. Diversas investigaciones científicas han demostrado que los AEO adicionados al alimento poseen propiedades que alteran la composición de la flora de microorganismos presentes en el tracto gastrointestinal de los animales y además poseen actividad antioxidante. Así mismo, la utilización de AEO como aditivo funcional nace de la creciente necesidad de los consumidores por hacer uso de productos de mejor calidad organoléptica (terneza, jugosidad y sabor), libre de residuos químicos (antibióticos, promotores de crecimiento) y de buena calidad microbiológica (libre de bacterias patógenas).

Con el fin de determinar algunas de estas propiedades en los sistemas de producción de Tilapia en Colombia, el MADR aprobó dentro de la convocatoria de proyectos de investigación de 2007 el proyecto “Utilización de aceites esenciales de orégano nativo del Alto Patía como aditivo nutraceútico en ciclos comerciales de reproducción y producción de tilapia” desarrollado por CORPOICA cuyo objetivo buscaba evaluar el efecto de la suplementación de los AEO sobre ciclos de crecimiento intensivo de producción de tilapia en condiciones de agua dulce. El proyecto conto además con la participación de otros socios estratégicos como la Asociación Vencedores del Verano y la participación de la Universidad de Nariño.

# 1. PRODUCCIÓN DE TILAPIA EN COLOMBIA

Las características especiales de la tilapia definidas por su especial sabor, el color blanco de su carne y la escasez de espinas, la colocan como uno de los peces más comercializados a nivel nacional e internacional. En Colombia la tilapia fue introducida durante la década de los años sesenta, pero solamente se desarrolló como una actividad comercial en la década de los ochenta. La tilapia roja común producida en Colombia, es originaria de África y de Oriente Medio y es el producto selectivo de diversos cruces inter específicos cuyo color suele ir desde un rojo intenso a un rosado pálido, a veces con la presencia de manchas negras, color característico que la hace atractiva para mercados en donde se consume entera, pero que carece de valor cuando se exporta en forma de filetes.

Aunque la producción de tilapia en Colombia representa a nivel mundial una cantidad marginal (0.33%) su importancia como cadena dentro del sector agropecuario y piscícola del país, radica en el permanente aumento en los niveles de producción, en su potencial exportador y en su capacidad para generar una cantidad representativa de empleo a nivel rural. La tilapia se ha convertido en el principal producto de la industria piscícola, la cual actualmente representa cerca del 65% de la producción piscícola nacional. De acuerdo a las cifras de la secretaría nacional de la cadena, la producción piscícola nacional pasó en 2001 de producir 21.641 TM a 45.101 TM en 2006, crecimiento y recuperación explicada en gran medida por la producción de tilapia que para el año 2006 se concentró en los departamentos del Huila, Meta y Tolima (60%), mientras el porcentaje se encuentra en los departamentos de Antioquia, Caquetá, Córdoba, Cundinamarca, Santander y Valle del Cauca, entre otros.

A pesar del auge en la comercialización de esta especie, las ventajas competitivas del país dada su ubicación geográfica, las condiciones ecológicas y el crecimiento constante en los niveles de producción de tilapia en los últimos años, el consumo per cápita de tilapia no ha aumentado significativamente, y continúa siendo muy bajo en relación con otro tipo de productos cárnicos con niveles que no superan 1.8 Kg por habitante/año. (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología-MADR, 2008).

## ● PROCESOS PRODUCTIVOS

La tilapia roja demanda algunas condiciones especiales durante su proceso de cultivo, tales como temperatura entre los 24 y 30°C, uso de proveedores de insumos básicos como alimentos balanceados, alevinos, maquinaria, equipos y protección especial contra los predadores en todas las etapas productivas.

Los procesos productivos que se desarrollan en el eslabón de producción son pre levante, levante y engorde de acuerdo al estudio de prospectiva de la cadena de producción de tilapia llevado

por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR- en donde se encontraron diferencias en su desarrollo según los sistemas productivos de jaulas y estanques y los segmentos empresarios, microempresarios y unidades campesinas que los implementan (2008).

De acuerdo con este estudio, la etapa de pre levante o iniciación se inicia cuando se reciben en los estanques animales entre 1 y 3 g de peso, mientras que para las jaulas se necesitan animales un poco más grandes (3 a 5 g) dependiendo del ojo de malla de las jaulas, fase que persigue llevar los animales a pesos cercanos a los 50 g. El alimento balanceado que se utiliza en este proceso contiene un alto porcentaje de proteínas de 45 a 38 %. Dependiendo de las condiciones de agua, temperatura, densidad de siembra, propias de cada cultivo se proporciona un mayor o menor número de dosis de alimento, considerando seis raciones diarias como promedio en las regiones productoras.

Los animales que han finalizado la etapa de pre levante empiezan la fase de levante con traslados a los estanques o jaulas para obtener pesos aproximados de 180 a 200 g. En esta fase se usan alimentos balanceados con porcentajes de proteína del 36% a 34%, dependiendo de la marca de concentrado utilizado por cada productor. Se proporciona más alimento, distribuido en menos dosis, generalmente 3 o 4, lo que se establece conforme a los resultados de los muestreos donde se analizan los pesos promedios. Con estos valores los piscicultores ajustan la rutina de alimentación y buscan disminuir los costos de producción.

La fase de engorde tiene una duración de 3 y 4 meses, con un manejo adecuado del estanque en términos de calidad del agua y buena alimentación, factores que contribuyen a que los animales alcancen la talla comercial en menor tiempo. Para esta fase final se utilizan alimentos balanceados con valores proteicos más bajos que pueden oscilar entre 30% y 24%. Las porciones de alimento son mayores, y su número varía según el productor en dos o máximo tres raciones. Una vez terminada la cosecha se deben preparar los estanques y las jaulas para recibir nuevos individuos y así iniciar con un nuevo ciclo de engorde.

#### ● ALIMENTOS BALANCEADOS

En el país existen varias empresas fabricantes de alimento balanceado que suplen la demanda nacional cuyo producto varía de acuerdo a las diferentes etapas del cultivo del pez y a los niveles de proteína requeridos en cada una ellas. Durante las fases de siembra, levante y engorde el alimento balanceado es el insumo que tiene mayor incidencia en la canasta de costos de producción en los sistemas de estanque y jaula, representando niveles del 57%. (Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología- MADR, 2008), costos del alimento balanceado principalmente asociados con la estructura de las fórmulas de alimento para cada etapa y complementariamente, con las modalidades de comercialización, volúmenes de compra, formas de pago y de entrega del producto.

Como gran parte de las materias primas que constituyen el alimento balanceado deben importarse, es preciso buscar alternativas que permitan conocer y mejorar su composición,

digestibilidad y respuesta productiva. Actualmente existen alternativas naturales que como los aceites esenciales de orégano ejercen diversas funciones sobre la fisiología, nutrición y salud de los peces, por esta razón se usan como aditivos funcionales de origen natural con el fin de transmitir vía alimento, mecanismos para un mejor aprovechamiento de los nutrientes básicos dado por su efecto antimicrobiano sobre microorganismos patógenos a nivel del tracto gastrointestinal de los peces y el efecto antioxidante transmitido al consumidor, como mecanismo anticancerígeno.

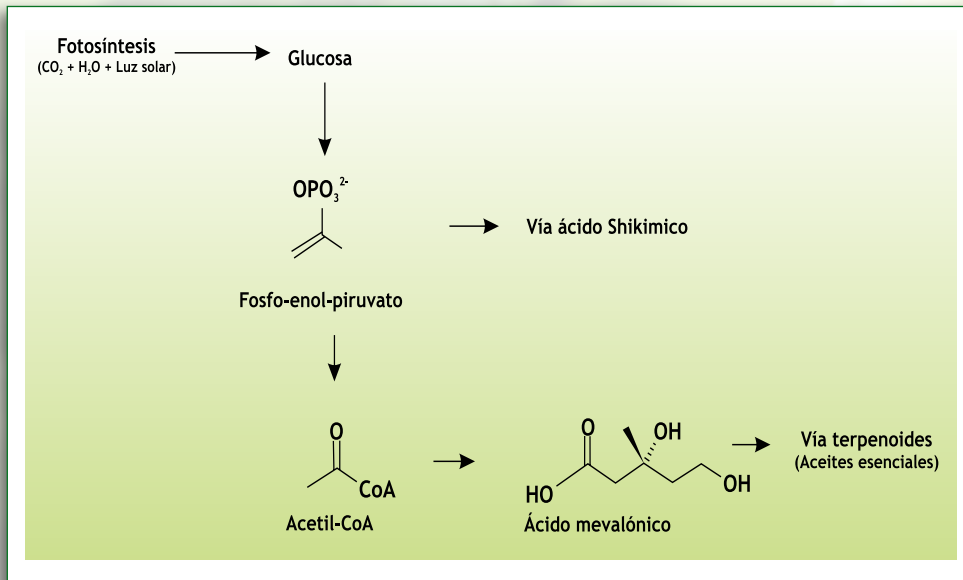
## 2. EL ORÉGANO Y SUS ACEITES ESENCIALES

Los AE son considerados mezclas de varios compuestos químicos, los cuales son producidos como parte del metabolismo secundario de las plantas. En general, los AE poseen propiedades aromatizantes y en casos como el orégano imprimen un sabor característico a los alimentos (Kintzios, 2002). Los AE presentan características oleosas las cuales les impiden disolverse fácilmente en el agua, aunque tienden a evaporarse rápidamente una vez son expuestos al aire. Actualmente existen cerca de 3000 diferentes clases de AE aislados de diferentes especies de plantas, sin embargo, solo 300 de estos compuestos tienen una importancia comercial (Burt, 2004).

Aunque los AE presentan una complejidad química y estructural variada, estos compuestos se pueden incluir dentro del grupo de los compuestos terpenoides (monoterpenoides y sesquiterpenoides) y los fenilpropanoides. Los AE poseen una gran variedad de propiedades dentro de las cuales se incluye sus propiedades antivirales, antitoxigénicas, antioxidantes antiparasíticas, insecticida y antimicrobiana. Aunque estas propiedades funcionales se han reconocido por largo tiempo, recientemente se observa una fuerte tendencia por entender los efectos y mecanismos de los AE sobre las propiedades antimicrobianas. Los motivos de este repentino interés, se relacionan con el auge de consumismo en donde se pone de moda el uso de productos de tipo “orgánico”, en donde no se utilicen aditivos sintéticos; particularmente sustancias antimicrobianas como los antibióticos (Sell, 2009).

Aunque los AE suelen ser una mezcla variable de diferentes compuestos químicos, es usual encontrar que alguno o algunos de estos compuestos predominen sobre el resto de componentes. En algunos casos los componentes mayoritarios alcanzan a representar el 85% de la mezcla del total de componentes presentes (Kintzios, 2002). En la mayoría de las ocasiones el principio activo que caracteriza a los AE está asociado con aquellos componentes químicos que hacen parte de la mayoría de la mezcla.

En la producción de AE se involucran complicadas reacciones químicas que conlleva a la producción del precursor (ácido mevalónico) de estos compuestos. En general, la ruta de síntesis para la producción de AE muestra que la producción del ácido mevalónico es el precursor importante. A partir de la molécula de glucosa producida en el proceso de fotosíntesis de las plantas, se produce una molécula de fosfo-enol-piruvato, la cual sufre posteriormente una descarboxilación con lo cual se producen dos acetatos que a su vez son esterificados para dar paso a la producción del Acetil-CoA. Esta molécula (Acetil-CoA) es el punto de inicio para la producción del ácido mevalónico, la cual es clave para la producción de los terpenoides (Kintzios, 2002) (figura 1).

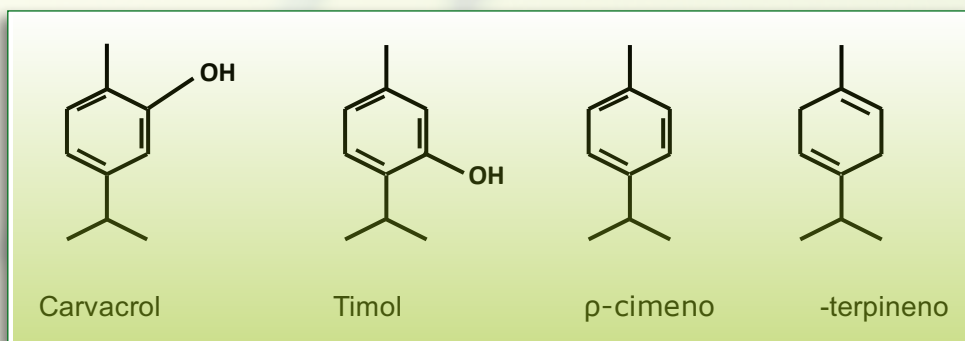


**Figura 1.** Ruta metabólica del ácido mevalónico para la producción de terpenoides (Modificado de Sell, 2009)

### • ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO

Alrededor del mundo existen más de 60 especies de plantas agrupadas o denominadas dentro del nombre orégano, las cuales comparten el olor y sabor característicos de esta planta. Con muy pocas excepciones, la mayoría de estas especies se agrupan taxonómicamente en dos (2) grandes familias (*Labiatae* y *Verbenaceae*). Dentro de este grupo de plantas se destacan aquellas especies que tienen gran importancia a nivel culinario y farmacológico como la especie *Origanum vulgare spp*, muy popular en el continente europeo, mientras que las especies del género *Lippia sp* son más comunes en el continente americano. Aunque en Colombia es posible encontrar las plantas del género *Lippia sp*, comercialmente la especie europea (*Origanum vulgare spp*) goza de mayor popularidad, ya que los países productores (Turquía, Grecia e Israel) han desarrollado este mercado a través de muchos años de historia de la humanidad. En cambio, las especies del género *Lippia sp* tienen un mercado limitado, el cual se circunscribe al ámbito local o regional, y en algunos casos se desconoce el verdadero potencial de las especies nativas, especies que crecen naturalmente en los suelos de nuestro país (Kintzios, 2002; Ruiz-Novoa, C. A 2008).

Los AEO son un grupo importante de compuestos naturales, los cuales están constituidos por una mezcla de varios componentes del tipo monoterpenos y otros derivados (Kintzios, 2002; Ruiz-Novoa, C. A 2008). Estos compuestos son los responsables de las fragancias y olores de la planta. Los compuestos químicos que más se destacan son el carvacrol y el timol, aunque existen otros terpenoides como  $\rho$ -cimeno, mirceno,  $\gamma$ -terpineno y otros sesquiterpenos (figura 2).



**Figura 2.** Estructura química de los principales compuestos químicos en los AEO

En Colombia, la especie de orégano *Lippia origanoides* abunda en la región del Alto Patía, más específicamente en los municipios de Taminango en el Norte del departamento de Nariño y Mercaderes al sur del departamento del Cauca. Esta zona que en el pasado fue polo de desarrollo agrícola debido a las extensas plantaciones de maíz, actualmente presentan un alto grado de miseria que preocupa a los gobiernos locales. Por otro lado, los suelos que en el pasado fueron fértiles, actualmente presentan problemas de pérdida de productividad. Sin embargo, a pesar de la baja fertilidad de los suelos, allí crece naturalmente el orégano de monte (*Lippia origanoides*).

### Las características morfológicas de la especie

La planta *Lippia origanoides* es una especie endémica del continente americano, específicamente de la región que va desde México a Brasil (Ruiz-Novoa, C. A 2008). En Colombia se puede encontrar en zonas con ambientes secos o semidesérticos, similares a los encontrados en la región del alto Patía en los departamentos de Cauca y Nariño. Esta planta es un arbusto de 1 a 3.5 m de alto, muy ramificado con hojas aovadas y opuestas, y con inflorescencias axiales de color blanco y muy aromáticas (foto 1).

Para conocer el potencial de la especie *Lippia origanoides* en términos de producción de AEO, se determinó el contenido de los principales compuestos químicos (timol y carvacrol) en diferentes muestras vegetales colectadas en la región del Alto Patía. Los AEO se extrajeron utilizando métodos convencionales de destilación con arrastre de vapor y estos compuestos químicos se identificaron por métodos cromatográficos.

Los resultados presentados en la tabla 1 muestran que los AEO obtenidos de esta planta presentaron un alto contenido de timol (67.2% a 78.7%), mientras que los contenido de carvacrol son relativamente bajos si se comparan con el timol (0.9% a 1.2%). Estos resultados se asemejan a otras investigaciones realizadas en Centroamérica, en donde también se encontró que los contenidos de timol estaban en mayor proporción que los del carvacrol.



**Foto 1.** Plantas de *Lippia origanoides* presentes en el Alto Patía

Adicional al análisis del contenido total de timol y carvacrol presente en los AEO extraídos de las plantas del Alto Patía, se analizó el contenido de estos compuestos respecto a la localidad de recolección de la planta, así como por la edad de la misma. Para llevar a cabo esto, se colectaron muestras vegetales (hojas y flor) de plantas jóvenes y maduras en cuatro diferentes localidades del Alto Patía según lo muestra la tabla 1. A partir de estos resultados se pudo concluir también que los

**Tabla 1.** Concentración de timol y carvacrol de AEO (*Lippia origanoides* Kunth) de dos edades y cuatro veredas del Cordón Panamericano del Alto Patía

Vereda	Edad	Timol	Carvacrol
Alto Mayo	Joven	72.7	1.2
Alto Mayo	Madura	78.4	1.0
Cardo	Joven	78.7	0.9
Cardo	Madura	78.4	1.1
Las Juntas	Joven	67.2	1.0
Las Juntas	Madura	69.4	1.1
San Juanito	Joven	74.8	0.9
San Juanito	Madura	71.1	1.2

contenidos de timol y carvacrol presentes en los AEO son constantes en las diferentes localidades analizadas aún si la planta es joven o madura.

Para tener un referente de los contenidos de timol y carvacrol presente en la especie *Lippia organoides* del Alto Patía, se analizó también una muestra de AEO provenientes de la especie de orégano europeo (*Oreganum vulgare hirtum*). Los resultados muestran que los AEO provenientes de Europa tienen un contenido de carvacrol (90.3%), superior a los AEO de origen colombiano, mientras que el contenido de timol de los AEO europeo fue inferior (3.5%) a los de origen colombiano.

Las diferencias observadas en la relación carvacrol:timol entre los AEO provenientes de *Lippia organoides* y *Oreganum vulgare, hirtum* son difíciles de explicar. Sin embargo, se reconoce que tanto la composición y la cantidad de metabolitos secundarios producidos por estas plantas como otras especies de plantas consideradas medicinales dependen de factores climáticos, de la especie, del tipo de suelo y en algunos casos de la época de cosecha y estado de crecimiento de la planta (Kintzios, 2002; Ruiz-Novoa, C. A 2008). Los resultados presentados en la tabla 1 contribuyen a elevar el nivel de información disponible en relación con la composición química de los AEO provenientes de la especie colombiana *Lippia organoides*, información que refleja el enorme potencial de nuestros recursos naturales como proveedores de importantes compuestos químicos que podrían traer beneficios a la salud humana e igualmente una enorme proyección en otras industrias.

### 3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA NILÓTICA

Debido a su expresa actividad antimicrobiana, los AEO han ido ganando espacio como alternativa para la sustitución de los antibióticos promotores de crecimiento generalmente presentes en los sistemas de alimentación de peces; los cuales se consideran compuestos fundamentales para incrementar la productividad animal, así como en el mantenimiento de un buen estatus sanitario. Además de las propiedades antimicrobianas, los AEO también poseen propiedades antioxidantes capaces de reemplazar los antioxidantes de síntesis química como el beta hidroxy tolueno (BHT) utilizados en la formulación de sistemas de alimentación. La actividad funcional de los AEO está directamente asociada a los metabolitos carvacrol y timol. En este contexto, los AEO regulan la funcionalidad del tracto gastrointestinal para expresar el potencial genético de los peces y garantizar productos con altos estándares de calidad.

En la producción de tilapia existen puntos sensibles que podrían afectar su productividad, por ejemplo, las limitaciones para suministrar el alimento balanceado a los peces, particularmente en lo que hace referencia al mejoramiento de la aceptabilidad y/o palatabilidad del alimento. Este punto es de gran importancia, en la medida que el suministro del alimento balanceado representa el principal rubro dentro del costo total de producción (60-80%). La utilización de AEO como aditivo funcional en la dieta de los peces sería de gran interés ya que podría mejorar los indicadores de productividad del sistema. Considerando los antecedentes presentados anteriormente, se diseñó un experimento para determinar si la inclusión de los AEO, particularmente concentraciones variables de carvacrol y timol, favorecen la productividad de la tilapia en diferentes etapas de producción (levante, pre-engorde y engorde).

En la etapa inicial del trabajo se diseñó un sistema de alimentación por fases para las diferentes etapas de producción (levante, pre-engorde y engorde), para lo cual se formularon las dietas alimenticias con la ayuda de un soporte tecnológico como es el programa User-Friendly Feed Formulation Done Again (UFFDA). Los ingredientes y composición de las dietas en las diferentes etapas de producción se presentan en la tabla 2a.

Una vez las dietas fueron formuladas, se procedió a realizar el cálculo de la composición nutricional de cada una de las dietas utilizando el programa UFFDA (tabla 2b). En general, el contenido de proteína cruda varió para cada una de las etapas de producción. En el caso de la etapa de

**Tabla 2a.** Sistema de alimentación por fases tilapia

INGREDIENTE	UNIDAD	FASE		
		Levante	Pre-engorde	Engorde
Maíz	%	2,97	14,49	21,09
Arroz Molido	%	20,00	20,00	20,00
Torta de Soya – 48	%	33,35	28,48	21,97
Soya Cocida	%	1,66	0,00	0,00
Gluten de Maíz – 60	%	5,00	5,00	5,00
Aceite de Girasol	%	0,15	0,16	0,17
Aceite de Pescado	%	0,51	0,65	0,83
Salvado de Trigo	%	8,00	8,00	8,00
Harina de Pescado – 65	%	11,00	11,00	11,00
Harina de Pescado Nacional	%	14,64	7,36	6,60
Sal común	%	0,15	0,15	0,15
Cloruro de Colina	%	0,10	0,10	0,10
<sup>1</sup> BHT	%	0,05	0,05	0,05
<sup>2</sup> CaCO <sub>3</sub>	%	2,03	4,16	4,64
<sup>3</sup> Rovimix	%	0,33	0,33	0,33

<sup>1</sup> Beta-hidroxi-tolueno

<sup>2</sup> Carbonato de Calcio

<sup>3</sup> Premezcla mineral y vitamínica

**Tabla 2b.** Composición nutricional de las dietas formuladas del sistema de alimentación por fases

INGREDIENTE	UNIDAD	FASE		
		Levante	Pre-engorde	Engorde
Energía Bruta	Mcal/kg	4,11	4,00	3,97
Proteína Cruda	%	38,00	32,00	29,00
Extracto Etéreo	%	4,44	3,94	4,21
Fibra Cruda	%	2,83	2,85	2,77
Cenizas	%	10,00	10,00	10,00

levante se estableció un 38%, mientras que para las etapas de pre-engorde y engorde el porcentaje de proteína cruda varió entre 38, 32 y 29% para las etapas de levante, pre-engorde y engorde respectivamente. En la tabla 2b, se presenta la composición de la dieta para cada fase del sistema de alimentación utilizada en este estudio.

Los constituyentes de cada una de las dietas formuladas fueron mezclados en seco. La mezcla final fue pasada por molino de impacto (foto 2), hasta obtener un tamaño de partícula de más o menos 500 micras. Para la producción de los pellets (ver foto 3) fue necesario humedecer la mezcla molida hasta alcanzar un 20% de humedad. Posteriormente, la mezcla humedecida se pasó a través de un prototipo de extrusora (Exteec®, ver foto 4). Con este procedimiento, los constituyentes de la dieta fueron sometidos a un tratamiento de compresión y fricción, con lo que se produce un apilamiento de estos. Una vez los constituyentes han sido homogeneizados y aglomerados, estos son prensados por medio de un molde que le confiere su perfil final en forma de pellet. A continuación los pellets fueron transferidos a una estufa con recirculación de aire (55° C x 48 h) hasta alcanzar 10% de humedad máxima.

Una vez los pellets son secados, se retiraron de la estufa y a continuación se adicionó de forma lenta y homogénea los AEO correspondientes a la matriz de formulación y a los tratamientos establecidos que se presentan a continuación. Como vehículo para la inclusión del AEO se utilizó aceite vegetal de girasol, el cual fue incluido dentro de la formulación del sistema de alimentación.

Para cada formulación se incluyeron 200 ppm de AEO, teniendo en cuenta que la proporción de carvacrol:timol varió de acuerdo a los tratamientos establecidos. En este estudio se establecieron cuatro (4) tratamientos, los cuales fueron constantes en las diferentes etapas de producción:



**Foto 2.** Molienda de las dietas



**Foto 3.** Acondicionamiento de la mezcla antes del proceso de extrusión



**Foto 4.** Extrusión de las dietas en el prototipo de extrusora (Exteec®)

1. Tratamiento control sin AEO,
2. Tratamiento con contenido ALTO de carvacrol (6.5 partes de carvacrol y 1 parte timol).
3. Tratamiento con contenido MEDIO de carvacrol (3.25 partes de carvacrol y 1 parte timol).
4. Tratamiento con contenido BAJO carvacrol (0.15 partes de carvacrol y 1 parte timol)

Después de la inclusión de los AEO en los pellets, se procedió a determinar el porcentaje (%) de flotabilidad de los pellets. Se preparó un contenedor plástico, el cual fue llenado con agua (foto 5). A continuación se depositaron 100 pellets y se colocaron sobre el agua por un periodo de 20 min, para contabilizar el número de pellets que permanecían flotando.



**Foto 5.** Prueba de flotabilidad de los *pellets* obtenidos por extrusión

Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 3, en general, el porcentaje de flotabilidad de los pellets fue igual o superior al 96%. Con este resultado se aseguró que los pellets permanecen en la superficie o en la parte alta de la columna de agua, de manera que la tilapia tendrá la oportunidad de la 3. Flotabilidad (%) de los pellet obtenidos por extrusión.

Una vez se elaboraron las dietas alimenticias de los peces, se continuó con la segunda fase del experimento, la cual consistió en comparar los parámetros productivos de la tilapia en las diferentes etapas de producción.

**Tabla 3.** Flotabilidad (%) de los *pellets* obtenidos por extrusión

DIETA	Flotabilidad (%)	Desviación Estándar
Levante	96.0	1.0
Pre-engorde	97.0	2.0
Engorde	96.33	0.58

El estudio se realizó en la estación piscícola La Terraza (Villavicencio) en la unidad de crecimiento (foto 6), la cual cuenta con biofiltros elaborados con gravilla de diferentes diámetros, conchas marinas y arena para asegurar la calidad del agua suministrada, dos bombas sumergibles (una para cada biofiltro) para transportar el agua desde el biofiltro hacia el sistema, un “blower” (1 HP) para aireación del sistema y veinticuatro tanques (24) plásticos circulares (560 L) para alimentación y mantenimiento de los peces. Adicionalmente, se realizó un recambio diario del 10% del volumen del agua

Los juveniles de tilapia utilizados para este experimento provenían de un mismo pie de alevinaje, localizada en el departamento del Meta, municipio de Acacias. Los peces aparentemente estaban libres de enfermedades, sin deformidades, buena actividad natatoria, buen color y con excelentes características fenotípicas.

Para este experimento se seleccionaron 528 alevinos distribuidos aleatoriamente en tanques plásticos. En cada tanque se colocaron 22 alevinos con el propósito de evaluar el efecto de los tratamientos sobre parámetros productivos en las diferentes etapas de producción, de manera que el peso de los peces se determinó en periodos bien definidos (59, 65, 83, 99, 113, 127, 140 y 150 días de edad). Cuando los alevinos obtuvieron un peso promedio de 40 gramos se seleccionaron 10



**Foto 6.** Instalaciones de la Unidad de Crecimiento de Peces Tropicales en la estación piscícola ‘La Terraza’.

animales por tanque, los cuales fueron marcados de forma individual mediante un microchip con un código de nueve dígitos para cada pez, para el seguimiento en su crecimiento.

Después de completar la etapa de levante (60-99 días de edad), se recolectó la información y se realizó un análisis para las diferentes variables (consumo de alimento, tasa de alimentación, ganancia de peso corporal, conversión de alimento y mortalidad acumulada). Los resultados de este primer periodo de evaluación se presentan en la tabla 4. Dentro de los resultados obtenidos, se destaca el grupo de animales alimentados con el tratamiento de contenido medio de carvacrol. Este grupo de animales presentó los valores de consumo de alimento y ganancia de peso corporal más altos en comparación con los demás tratamientos. Otro resultado importante que se observó igualmente en este tratamiento, fue el valor de conversión de alimento, el cual estuvo muy por debajo del valor del tratamiento control (sin AEO). Por otro lado, hay que destacar que en el grupo de animales que recibieron el tratamiento alimenticio con el contenido de carvacrol más bajo no se observaron eventos de mortalidad.

Para el caso de los peces que terminaron la etapa de pre-engorde (100-137 días de edad), los resultados mostraron (tabla 5) que el grupo de peces que recibieron el tratamiento alimenticio con contenido medio de carvacrol tuvieron los valores más altos para consumo de alimento y ganancia de peso corporal. En cambio, los animales del grupo que recibió el tratamiento con el contenido bajo de carvacrol, mostró los valores más bajos para el consumo de alimento y la tasa de alimentación. El valor más bajo de conversión alimenticia acumulada fue observado en el grupo de peces que recibió el tratamiento con el contenido más bajo de carvacrol. Finalmente el resultado más destacado de esta etapa de producción, fue la baja mortalidad observada en los grupos de peces que fueron tratados con los AEO, en particular el grupo de animales que recibió el tratamiento con el contenido medio de carvacrol.

Los resultados obtenidos en la etapa de engorde (138-150 días de edad) son mostrados en la tabla 6. Los valores de las variables analizadas en esta etapa de producción, muestran cierta tendencia con lo observado en los dos análisis anteriores. El grupo de peces que recibió el tratamiento alimenticio con un contenido medio de carvacrol, mostró los valores más altos en consumo de alimento y ganancia de peso corporal, mientras que el valor más bajo de consumo de alimento

**Tabla 4.** Efecto de diferentes relaciones carvacrol:timol sobre parámetros productivos y velocidad de crecimiento-fase levante (60-99 días de edad) en tilapia nilótica

Variables	Nivel de carvacrol en el AEO			
	Control	Alto	Medio	Bajo
Consumo de alimento (g/pez/día)	2.81	2.84	3.02	2.70
Tasa de alimentación	2.94	2.93	2.90	2.75
Ganancia de peso corporal (g/pez/día)	2.63	2.69	2.87	2.67
Conversión de alimento	1.07	0.95	0.95	0.99
Mortalidad acumulada (%)	3.8	7.4	4.3	0.0

**Tabla 5.** Efecto de diferentes relaciones carvacrol:timol sobre parámetros productivos y velocidad de crecimiento-fase pre-engorde (100-137 días de edad) en tilapia nilótica

Variables	Nivel de carvacrol en el AEO			
	Control	Alto	Medio	Bajo
Consumo de alimento (g/pez/día)	4.11	4.16	4.47	3.89
Tasa de alimentación	2.44	2.31	2.19	2.26
Ganancia de peso corporal (g/pez/día)	3.58	3.47	3.77	3.43
Conversión de alimento	1.14	1.20	1.18	1.13
Mortalidad acumulada (%)	21.15	18.51	8.51	14.54

**Tabla 6.** Efecto de diferentes relaciones carvacrol:timol sobre parámetros productivos y velocidad de crecimiento-fase engorde (datos a 150 días de edad) en tilapia nilótica

Variables	Nivel de carvacrol en el AEO			
	Control	Alto	Medio	Bajo
Consumo de alimento (g/pez/día)	4.47	4.47	4.81	4.24
Tasa de alimentación	1.88	1.80	1.75	1.88
Ganancia de peso corporal (g/pez/día)	3.88	3.62	3.99	3.71
Conversión de alimento	1.15	1.23	1.20	1.14
Mortalidad acumulada (%)	23.07	18.51	8.51	18.18

correspondió al grupo de peces que recibieron el tratamiento alimenticio con el contenido más bajo de carvacrol. El valor más bajo de conversión alimenticia acumulada correspondió al grupo de peces que recibió el tratamiento con el contenido más bajo de carvacrol. Finalmente se destaca que la menor mortalidad de peces se observó en los peces que recibieron la dieta con el contenido medio de carvacrol.

En un estudio paralelo se determinó el efecto de los AEO sobre el coeficiente de crecimiento de la tilapia a un peso corporal mínimo de fileteado de 550 g. Los datos obtenidos mostraron que el grupo de peces que recibieron el tratamiento con el AEO con el contenido más bajo de carvacrol alcanzaron el peso de los 550 g aproximadamente a los 166 días de edad, lo cual difiere con el tratamiento control en aproximadamente 17 días y 21 días respecto al grupo de peces que recibió el tratamiento con el contenido más alto de carvacrol.

### **Factibilidad económica de la suplementación de aceites esenciales de orégano en un sistema de producción comercial de tilapia nilótica**

Con el propósito de estimar los costos de la adición de los AEO en las dietas formuladas para las diferentes etapas de crecimiento de la tilapia, se realizó el análisis económico comparativo; en el cual se tuvo en consideración la infraestructura de costos e ingresos estipulados en el área de influencia del proyecto.

Los resultados del rendimiento en canal y el análisis económico por técnicas de presupuestos parciales se presentan en la tabla 7. No se presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el rendimiento en canal por efecto de la suplementación de AEO. La inferencia económica en este escenario muestra que el costo por kilogramo de tilapia, el ingreso neto parcial por tilapia (INPT) y el ingreso parcial por filete de tilapia (IPF) no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ).

El costo del kilogramo de tilapia del grupo control sin suplementar fue \$352 más costoso al compararlo con el grupo de peces que recibió el tratamiento alimenticio con un contenido bajo de carvacrol. Adicionalmente, este grupo presentó mayores ingresos al compararlo con el grupo control (INP +\$,366, INF +\$481).

**Tabla 7.** Efecto de diferentes relaciones carvacrol:timol sobre el rendimiento en canal y análisis económico de la tilapia

Variables	Nivel de carvacrol en el AEO				Signifi- cancia
	Control	Alto	Medio	Bajo	
Rendimiento en canal (%)	33.0	31.9	32.5	32.8	N.S
Costo por kg de tilapia (\$)	2.828	2.639	2.600	2.476	N.S
Ingreso neto parcial por tilapia (%)	1.618	1.710	1.579	1.984	N.S
Ingreso parcial por filete de tilapia (%)	2.675	2.855	2.767	3.156	N.S

N.S: No hay diferencias entre tratamientos.

## 4. EVALUACIÓN DEL EFECTO ANTIOXIDANTE DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO SOBRE LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DEL FILETE DE TILAPIA NILÓTICA

La propiedad antioxidante que poseen los AEO puede llegar a ser importante en eventos de protección de las células contra el daño oxidativo el cual puede provocar envejecimiento prematuro y enfermedades degenerativas como el cáncer. Los compuestos conocidos como antioxidantes, generalmente se consumen a través de los alimentos y posteriormente se almacenan en los tejidos celulares. Los compuestos con actividad antioxidante pueden proteger las células humanas sobre el efecto dañino del anión-radical superóxido ( $O_2^-$ ), radical hidroxilo (OH) y el oxígeno molecular los cuales son generalmente producidos por las mismas células humanas.

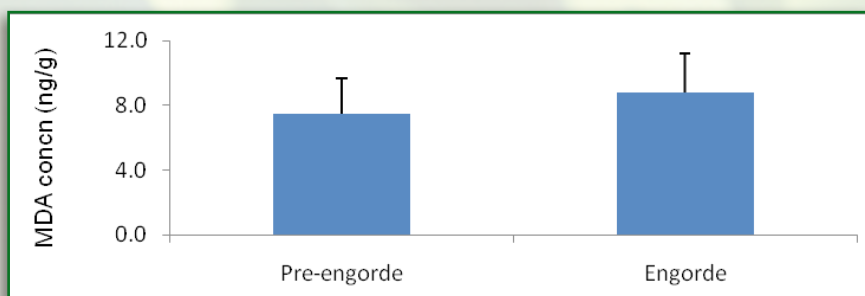
En el caso de los alimentos como las carnes, la presencia de sustancias con actividad antioxidante es fundamental en su preservación e integridad. Se sabe que la oxidación de lípidos (grasas) en este tipo de alimentos puede conducir al deterioro nutritivo y organoléptico de estos productos. Cuando ocurre la oxidación de lípidos, generalmente se detectan olores desagradables, se reduce el contenido de aceites benéficos como los ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y pigmentos. Por otro lado, se disminuye la aceptabilidad por parte del consumidor y además puede llegar a generar compuestos tóxicos.

Con el propósito de determinar si la suplementación de la tilapia con AEO, particularmente carvacrol y timol afectan la estabilidad oxidativa (actividad antioxidante) de la carne, se analizó el efecto de los AEO presente en la dieta de los peces sobre la estabilidad oxidativa de los filetes de tilapia en dos fases de crecimiento (pre-engorde y engorde). Como medida para determinar la actividad antioxidante de los AEO sobre el filete de tilapia se implementó la detección del malondialdehído (MDA). Este producto que resulta de la oxidación de los fosfolípidos presente en la carne puede ser detectado y cuantificado al reaccionar con el ácido tiobarbitúrico (TBA). La medida de estas sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS) es un buen método para determinar inhibición de la peroxidación de lípidos.

Cuando se analizó el efecto de los AEO sobre la estabilidad oxidativa de los filetes, los resultados mostraron que el porcentaje de MDA detectado en todos los tratamientos fue similar, lo cual

indicó que no hubo diferencia entre los peces que recibieron los AEO y los peces del tratamiento control al final de la fase de engorde. En la formulación de las diferentes dietas utilizadas para el trabajo, se incluyó 0.05% de BHT, el cual es un potente agente antioxidante utilizado normalmente en la elaboración de la dieta para la tilapia; con el fin de prevenir que los compuestos de la dieta se oxiden durante el almacenamiento (ver tabla 2a). La acción de este compuesto químico no permitió ver el efecto antioxidante de los AEO sobre la peroxidación del filete de la tilapia, por consiguiente, será necesario en estudios posteriores evaluar dietas libres de BHT para evaluar el efecto antioxidante de los AEO.

Por otro lado, cuando se analizó la estabilidad oxidativa de los filetes obtenidos en las dos fases de crecimiento (pre-engorde y engorde), los resultados muestran que el porcentaje de MDA es significativamente menor en los filetes obtenidos en la fase de pre-engorde comparado con los filetes de la fase de engorde (figura 3). Estos resultados sugieren que la estabilidad oxidativa de los filetes de tilapia es mejor en animales en la fase de pre-engorde. Sin embargo, no son claras las razones por las cuales estos tejidos presentan una mayor actividad antioxidante.



**Figura 3.** Efecto de la fase de crecimiento sobre la estabilidad oxidativa del filete de tilapia nilótica.

## 5. EFECTO MODULADOR DE LOS ACEITES ESENCIALES DE ORÉGANO SOBRE LA FLORA MICROBIANA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE LA TILAPIA NILÓTICA

La productividad de los sistemas acuícolas como el de la tilapia depende de factores como la genética, sanidad de los animales y en gran medida de la nutrición. Esto significa que debe existir un adecuado balance entre los nutrientes ofrecidos en la dieta con respecto a los nutrientes absorbidos en el tracto digestivo de estos animales. Sin embargo, los procesos de desdoblamiento de nutrientes y posterior absorción de estos en los tejidos del intestino, no serían enteramente posible sin la participación de los microorganismos que se encuentran asociados a las células del tracto digestivo.

Dentro del tracto digestivo de los peces habitan multitud de especies de microorganismos, muchas de las cuales son consideradas como patógenos para los peces. Sin embargo, estas poblaciones de microorganismos permanecen bajo control, gracias a la acción de otro grupo de bacterias consideradas benéficas y al sistema inmunológico de defensa de los peces. Esta situación de aparente normalidad puede cambiar rápidamente si el animal es expuesto a condiciones de estrés. Bajo estas circunstancias, la actividad de las defensas inmunológicas se reduce, así como el número de microorganismos benéficos. En consecuencia, los peces quedan expuestos al ataque de los microorganismos patógenos, lo cual finalmente se refleja en la productividad del sistema (Al-Harbi T, A y Uddin, N. 2004; Al-Harbi T, A y Uddin, N. 2005).

En sistemas de producción como el de la tilapia, los fenómenos de estrés están asociados al cautiverio, manipulación y transporte de peces, bajo estas condiciones los peces son más propensos al ataque de microorganismos patógenos. Para contrarrestar la actividad de los microorganismos patógenos se ha propuesto utilizar AEO, los cuales han mostrado controlar bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella*, *sp* y otras, pero al mismo tiempo han mostrado promover el crecimiento de microorganismos benéficos pertenecientes a los géneros de bacterias como los *Lactobacillus* y otras.

Con el fin de determinar el efecto modulador de los AEO, es decir la capacidad de inhibición de microorganismos patógenos frente a la. Promoción o estimulación de microorganismos benéficos en el tracto digestivo de la tilapia, se seleccionaron 24 peces con un peso promedio de 550 g. Los peces provenían de los diferentes tratamientos previamente establecidos (ver Capítulo 3).

Para este estudio fue necesario acondicionar instalaciones con altos estándares de limpieza y desinfección para el sacrificio, disección y pesado de los peces con el fin de evitar contaminación de microorganismos presentes en el aire o suelo (foto 7). A cada ejemplar se le realizó un corte ventral con un bisturí de punta fina y se removió la totalidad del tracto digestivo, luego se separó cuidadosamente el estómago del intestino a nivel de la región pilórica (ver foto 8). La región intestinal fue empacada en bolsas y posteriormente congelada (20° C). Las muestras biológicas fueron trasladadas al laboratorio de Nutrición del Centro de Biotecnología y Bioindustria (CBB) de CORPOICA, en donde posteriormente fueron liofilizadas (secado en frío)

Debido a que los métodos tradicionales de recuento y aislamiento microbiológico solo permiten identificar una pequeña fracción (más o menos un 10%) del total de las especies de microorganismos presentes en el tracto digestivo. En este trabajo se decidió utilizar otros métodos no convencionales (métodos moleculares), los cuales igualmente permiten hacer un análisis e identificación posible de los microorganismos. Para tal motivo se requiere analizar el código genético (ADN: ácido desoxirribonucleico) de los microorganismos. El ADN de los microorganismos contiene una región altamente conservada del gen 16S rARN, la cual permiten realizar la identificación taxonómica de las bacterias presentes en el tracto digestivo de los peces.



**Foto 7.** Instalaciones adecuadas para el sacrificio, disección y pesado

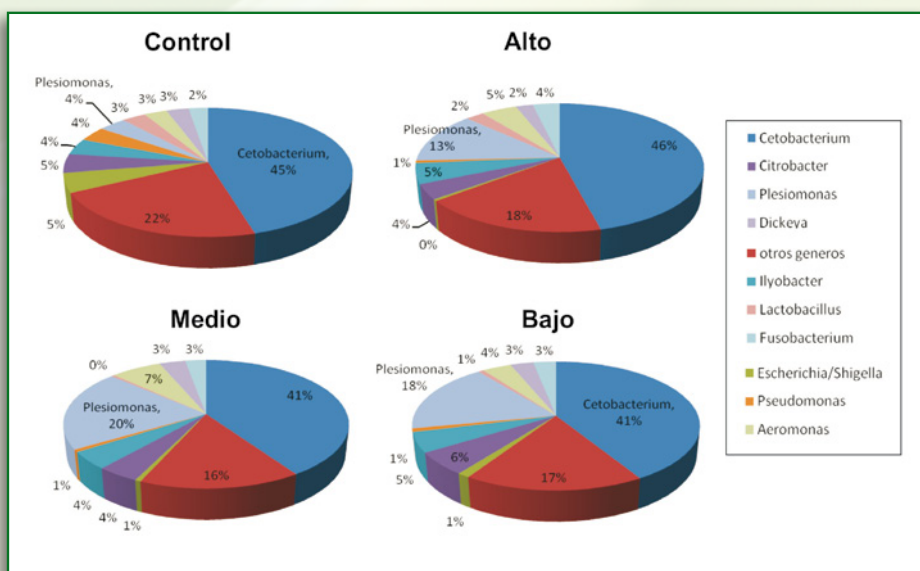


**Foto 8.** Obtención de muestras intestinales de la tilapia

El análisis de las muestras mostró que el tracto gastrointestinal de los peces está habitado por una gran variedad de bacterias pertenecientes a diferentes géneros. Dentro de este grupo de géneros de microorganismos se destacan principalmente *Cetobacterium*, *Plesiomonas*, *Ilyobacter*, *Citrobacter*, *Aeromonas*, *Dickeya*, *Fusobacterium*, *Escherichia/Shigella*, *Pseudomonas* y *Lactobacillus*. Estos resultados confirman la idea de que en el tracto digestivo de los peces habitan microorganismos considerados benéficos (*Lactobacillus*) para la salud y bienestar de estos, sin embargo, existen también microorganismos considerados patógenos (*Escherichia*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*).

La importancia de los resultados de este estudio radica en que por primera vez se explora en detalle la microbiota del tracto gastrointestinal de la tilapia. En la actualidad existen muy pocos o limitados estudios que den cuenta de la gran variedad de géneros de bacterias que están habitando el tracto gastrointestinal de estos peces. Otro aspecto importante que se puede destacar de estos resultados, particularmente relacionados con la diversidad de géneros de bacterias identificados es el rol o papel que podrían estar desempeñando estos microorganismos en el desdoblamiento y absorción de los nutrientes en el tracto digestivo.

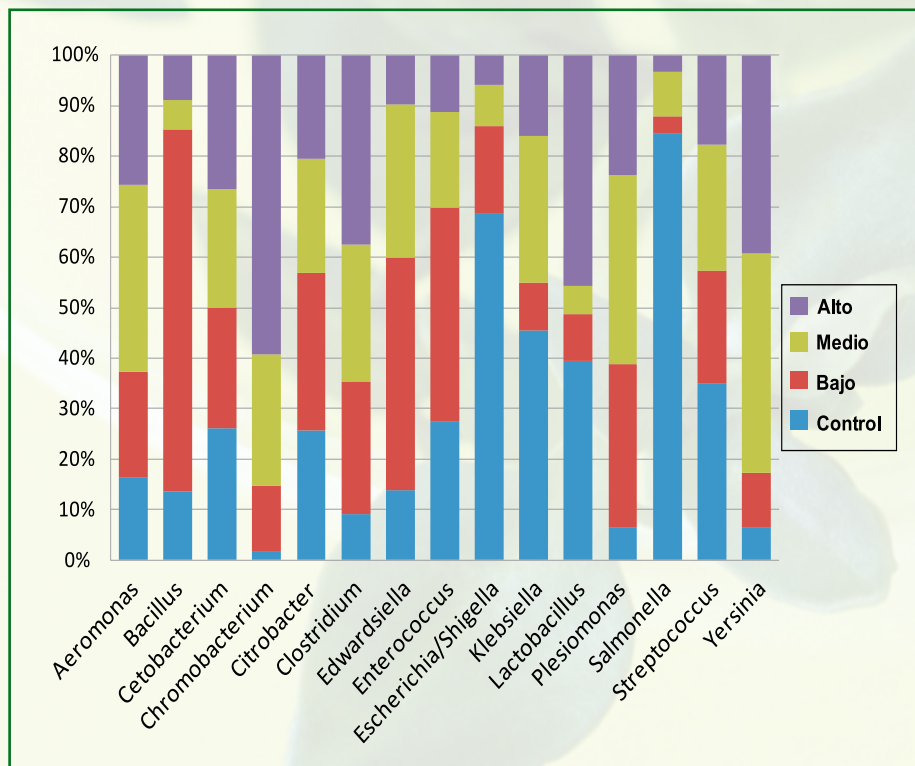
Cuando se analizaron los efectos de los AEO sobre la flora de microorganismos presentes en el tracto digestivo de los peces, se encontró (figura 4) que en verdad, los aceites esenciales de oréganos pueden alterar la abundancia (proporción) de los géneros de microorganismos que habitan este órgano. Sin embargo, los resultados también muestran que el efecto de los AEO no se extiende a la totalidad de los microorganismos identificados en las muestras intestinales, sino que se concentran en determinados géneros de microorganismos.



**Figura 4.** Distribución de los géneros de bacterias identificadas por métodos moleculares a partir de muestras obtenidas en el tracto digestivo de la tilapia.

Un análisis más detallado de estos resultados, reveló que dentro de la complejidad de géneros de microorganismos presentes en el tracto digestivo de la tilapia, existen ciertos géneros de microorganismos que evidentemente son influenciados por los AEO (figura 5), particularmente se encuentran los géneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Edwardsiella*, *Enterococcus*, *Escherichia/Shigella*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Plesiomonas*, *Salmonella*, *Yersinia* y *Streptococcus*. Muchos de los géneros anteriormente mencionados contienen especies de bacterias consideradas altamente patógenas, tales como *Aeromonas*, *Edwardsiella*, *Enterococcus*, *Escherichia/Shigella*, *Klebsiella*, *Yersinia* y *Streptococcus*, mientras que otros géneros como *Lactobacillus*, *Clostridium* y *Bacillus* contienen especies de bacterias que promueven el bienestar de los peces.

A partir de la información presentada en la figura 5 es posible que el tratamiento Alto en carvacrol (6.5 partes) incrementó la proporción del género *Lactobacillus* (posee muchas especies consideradas benéficas), el cual alcanzó una proporción cercana al 45%, mientras que para el tratamiento control la proporción fue menor al 40%. La inclusión del tratamiento Medio (3.5 partes de carvacrol) y Bajo (0.15% de carvacrol) no favoreció los microorganismos pertenecientes a este grupo.



**Figura 5.** Efecto de los AEO sobre la proporción de los géneros de bacterias consideradas patógenas y benéficas en el tracto digestivo de la tilapia.

Otros resultados importantes se relacionan con las propiedades de los AEO para controlar la proporción de bacterias pertenecientes a géneros de microorganismos considerados como patógenos. Algunos ejemplos se relacionan con los géneros *Escherichia/Shigella*, *Klebsiella*, y *Streptococcus*. En todos los tratamientos en donde se incluyó los AEO (Alto, Medio y Bajo) se observó una reducción en la proporción de microorganismos pertenecientes a los géneros mencionados anteriormente. En particular se destaca la drástica reducción de los microorganismos incluidos en los géneros *Escherichia/Shigella*. Cuando la dieta incluyó el tratamiento Alto, la proporción de estos microorganismos alcanzó el valor más bajo (10%), aunque en el caso de los tratamientos Medio y Bajo la reducción fue también significativa.

## CONCLUSIONES

El potencial de uso del orégano (*Lippia origanoides*) en sistemas de producción de tilapia en Colombia presenta resultados positivos en algunos indicadores de producción animal, económicos y como alimento funcional, información básica que permitirá una mejor proyección respecto al uso de AEO en la producción piscícola colombiana.

Así, la inclusión de AEO en dietas para la producción de tilapia afectó positivamente el indicador de porcentaje de mortalidad acumulada, que fue inferior en los grupos en los cuales se incluyó orégano comparados con el tratamiento control o sin adición de orégano. De igual forma, se vio favorecido el umbral mínimo de peso corporal de 550g para el procesamiento de filetes con el tratamiento Bajo contenido de carvacrol (0.15%) comparado con el tratamiento control en 17 días.

A pesar de que la medida de la oxidación lipídica en los filetes de tilapia mostró ser similar en todos los tratamientos, se observó que la capacidad antioxidante de los filetes fue mayor en filetes de animales en la etapa de pre-engorde comparado con el grupo de peces en la fase de engorde.

En relación con los costos de producción, el costo del kilogramo de tilapia de los peces que no fueron suplementados con AEO (control) fue mayor en \$352 al compararlo con el grupo de peces que recibieron el tratamiento de Bajo contenido de carvacrol. De igual forma, este grupo presentó mayores ingresos netos parciales (\$,366), e ingreso neto por filete en \$481 con respecto al grupo sin suplementación de AEO..

Finalmente, los resultados obtenidos permitieron generar nuevos conocimientos de la diversidad bacteriana intestinal, empleando herramientas moleculares, técnica que permitió identificar los géneros bacterianos afectados por la suplementación con AEO.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al-Harbi T, A y Uddin, N. 2005. Bacterial diversity of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in brackish water in Saudi Arabia. *Aquaculture*. 250, 566– 572
- Al-Harbi T, A y Uddin, N. 2004. Seasonal variation in the intestinal bacterial flora of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) cultured in earthen ponds in Saudi Arabia. *Aquaculture*. 229, 37-44.
- Arcila-Lozano, C.C., Loarca-Piña, G., Lecona-Urbe, S y González, E 2004. El orégano: propiedades y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 54.
- Álvarez, J y Agurto, C. 2000. Bacterioflora Gram negativa aerobia de Tilapias silvestres y cultivadas en la región central de Venezuela durante el período 1999-2000. *Veterinaria Tropical*. 25, 209-228.
- Burt, 2004 S. Burt, Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — a review, *International Journal of Food Microbiology* 94, pp. 223–253.
- Catalan, C.A.N y Lampasona, M.E.P. 2002. The chemistry of the genus *Lippia* (Verbenaceae). In: Oregano: The Genera *Origanum* and *Lippia*. Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles 25, Kintzios, S.E. (Ed.). Taylor and Francis/CRC Press, USA., pp: 67–108.
- Castillo Campo Luis Fernando. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. 2000. La importancia de la Tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia.
- Espinel G. Carlos F, Martínez C. Héctor J, González R. Fredy A. <http://www.agrocadenas.gov.co/agrocadenas@iica.int>. Bogotá, 2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR, Colombia. Documento de Trabajo No. 72. La cadena de la piscicultura en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinamica. 1991-2005.
- Kintzios, S. E. 2002. Profile of the multifaceted prince of the herbs. In: Oregano: The Genera *Origanum* and *Lippia*. Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles 25, Kintzios, S.E. (Ed.). Taylor and Francis/CRC Press, USA., pp: 3–8.
- Ministerio de Agricultura Desarrollo y Rural, MADR, Colombia. Proyecto Transición de La Agricultura. Observatorio Colombiano De Ciencia y Tecnología –OCyT. Cadena productiva de la Tilapia. 2008. Informe general del estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la Tilapia en Colombia.
- Ruiz-Novoa, C. A 2008. Estudio de los metabolitos secundarios volátiles de *Lippia origanoides* H.B.K., en tres estados fenológicos. Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Químico. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Escuela de Química.
- Sell, C (2009). Handbook of Essential Oils: Pages 121–150; Chemistry of Essential Oils.
- Usgame, D., Usgame, G y Valverde, C 2008. Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la tilapia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Proyecto estudio de prospectiva tecnológica de la cadena colombiana de la tilapia.

Terminó de imprimirse  
en marzo de 2011 en



Tel: 4227356  
Bogotá, DC, Colombia