

Alimentación Natural en Sistemas de Producción de Tilapia Roja *Oreochromis sp*

Joel Hernando Méndez Orduz

Trabajo de Grado para Optar al título de Zootecnista

Director

Leonardo Avendaño Vásquez

PhD en Acuicultura

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

IPRED

Programa de Zootecnia

Málaga

2019

Dedicatoria

“Y a Aquel que es poderoso para hacer todas las cosas mucho más abundantemente de lo que pedimos o entendemos, según el poder que actúa en nosotros, a él sea gloria en la iglesia en Cristo Jesús por todas las edades, por los siglos de los siglos”. Amén.

Efesios 3;20,21; Reina Valera (1960)

A mi hija, Nelly Valentina Méndez C., el ángel que Dios puso en mi camino, nada de esto fuera posible si tu no fueras mi inspiración, eres todo lo que necesito para traspasar montañas, todo por ti mi amor; a mi nonita Dioselva Vera, por su apoyo durante toda mi vida, este logro es para ti por todo tu sacrificio; a mi nonito Pedro Jesús Méndez que en paz descansa, salí de casa para cumplir mi sueño y al volver no te encontré; a la familia que ha creído siempre en mí, a todos los que de alguna manera me han tendido la mano a lo largo de mi vida; y sobre todo, a Dios, el Alfa y la Omega, quien levanta mi cabeza, su mano siempre me ha sostenido, su amor siempre me ha consolado, y en mi debilidad me has fortalecido, todo es por ti y para ti y la Gloria es solo tuya, de nadie más, te amo Dios.

Con gran estima

“Joel Hernando Méndez Orduz”

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander por brindarme la oportunidad de pasar por sus aulas, sus laboratorios y cada espacio que abrió para mi crecimiento profesional y personal.

A los funcionarios y administrativos de la sede Málaga, por su colaboración, amabilidad y disponibilidad en cada área de servicio.

A los docentes que me acompañaron y motivaron con su ejemplo desde el inicio de mi carrera, Yesid Rolando Millán, Ivan Dario Rojas, Joaquín Moreno, excelentes profesionales dignos de admiración y estima.

A mi director de proyecto de grado, PhD. Leonardo Avendaño Vázquez, su motivación para emprender el camino de la investigación derrumba la palabra fracaso y la convierte en oportunidad, demostrando que las ideas, aunque sean pequeñas, pueden transformar el mundo para alguien.

A Don Tulio Moisés Ibáñez Almeida y Tulio Ricardo Ibáñez por su colaboración al facilitar el acceso a sus predios para obtener el material objeto de este estudio.

A mis compañeros, a los que luchan, pero también a los que por circunstancias de la vida se quedaron atrás, por cada espacio compartido, por ser parte del proceso, donde los temores y la incertidumbre sobre el presente y el futuro se disipan con una conversación en la que todo es posible mientras te mantengas en el camino y no abandones tu propósito.

A mis colegas Javier Orozco, Adriana Gutiérrez, por su colaboración durante el desarrollo del experimento, su ayuda fue de vital importancia; a Nohemi Ortiz, por su incondicionalidad y su gran capacidad.

“Para todos, muchas gracias”.

Tabla de Contenido

Introducción.....	12
1. Objetivos.....	16
1.1. Objetivo general.....	16
1.2. Objetivos específicos	16
2. Marco referencial.....	16
2.1. Antecedentes.....	16
2.2. Marco teórico.....	17
2.2.1. Acuicultura en Colombia.....	17
2.2.2. Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>).....	18
2.2.3. Generalidades de la Tilapia.	18
2.2.4. Requerimientos nutricionales.....	19
2.2.5. Requerimientos de energía.	20
2.3. La tilapia como sistema de producción para la economía campesina.	20
2.4. Alimento vivo en acuicultura.....	22
2.4.1. Importancia nutricional del alimento vivo.....	24
2.4.2. Camaron de agua dulce (<i>Gammarus lacustris</i>).....	25
2.4.3. Distribución.....	26
2.4.4. Alimentación.....	26
2.4.5. Reproducción.....	26
2.4.6. Composición química	27
3. Metodología.....	27
3.1. Tipo de investigación.....	27
3.1.1. Localización.....	28
3.1.2. Duración del proyecto.....	28
3.2. Metodología para la captura e implementación del cultivo de camarón	28
3.2.1. Manejo experimental de los camarones.....	29
3.2.2. Variables para evaluar la producción de camarón en cautiverio.....	30
3.2.3. Fase experimental.....	30
3.2.4. Individuos experimentales.....	31
3.3. Diseño experimental	31

3.3.1. Alimentación y manejo.....	33
3.3.2. Variables para la evaluación del efecto de inclusión de alimento natural en la dieta	35
3.3.4. Indicadores morfométricos.....	35
3.4. Diseño estadístico	35
4. Resultados.....	36
4.1. Cultivo de camarón.....	36
4.2. Parámetros productivos en juveniles de tilapia.....	38
4.2.1. Mortalidad	38
4.2.2. Ganancia de peso	39
4.2.3. Peso final	41
4.2.4. Consumo.....	42
4.2.5. Conversión alimenticia.	42
4.3. Variables morfométricas.....	42
5. Discusión	43
6. Conclusiones.....	44
7. Recomendaciones	44
Referencias Bibliográficas.....	47

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Tilapia Roja	18
Tabla 2. Requerimientos proteicos.....	19
Tabla 3. Requerimientos de aminoácidos	20
Tabla 4. Clasificación taxonómica del <i>Gammarus lacustris</i>	25
Tabla 5. composición química del camarón (<i>Gammarus lacustris</i>)	27
Tabla 6. Composición nutricional del alimento balanceado mojarra 34 % Italcol	34
Tabla 7. Peso corporal inicial, ganancia de peso y peso final de juveniles de <i>Oreochromis sp</i> sometidas a diferentes niveles de suplementación de 0%, 7%, 14% de alimento natural	39
Tabla 8. Comparación entre el peso recomendado por la casa comercial de concentrados Italcol, y el peso real al inicio y al final del experimento en juveniles de tilapia roja sometida a la inclusión de 0%, 7% y 14% de alimento vivo dentro de la dieta.	41
Tabla 9. consumo y conversión alimenticia de juveniles de tilapia (<i>Oreochromis sp</i>), sometidos a diferentes niveles de suplementación 0%, 7% y 14% de alimento vivo.....	42
Tabla 10. Parámetros morfométricos medios de juveniles de <i>Oreochromis sp</i> , sometidos a diferentes niveles de suplementación 0%, 7% y 14% de alimento natural.....	43

Lista de Figuras

Figura 1. Relación del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y camarones en sistemas de cultivo extensivo, semi-intensivo e intensivo.....	22
Figura 2. Parentales de camarones en proceso de copula	29
Figura 3. Distribución de los tres tratamientos y tres replicas al azar	31
Figura 4. Medición de variables morfométricas	32
Figura 5. Medición de variables morfométricas y toma de datos	32
Figura 6. Alimento natural pesado y empacado listo para ser suministrado a los peces	33
Figura 7. Suministro de alimento natural a juveniles de tilapia, sometidos a diferentes niveles de inclusion de 0%, 7% y 14% de alimento vivo.	34
Figura 8 . Pool de camarones nacidos en cultivo.....	37
Figura 9. Flujograma para la producción de <i>Gammarus lacustris</i> en cautiverio a partir de parejas en proceso de copula tomadas de su medio natural.	37
Figura 10. Proceso de reciclaje de excretas de tilapia para alimentación de <i>Gammarus lacustris</i> y producción de alimento vivo para alimentación de peces.	38
Figura 11. Mortalidad (%)	38
Figura 12. Comportamiento residual de los datos de la variable ganancia de peso en juveniles de <i>Oreochromis sp</i> , sometidas a diferentes niveles de suplementación, 0%, 7% y 14% de alimento natural.	40
Figura 13. Curva de crecimiento media de <i>Oreochromis sp</i> sometida diferentes niveles de suplementación, T ₀ testigo, T ₁ : inclusión del 7% y T ₂ : inclusión del 14% durante la fase experimental según modelo Gompertz.	40

RESÚMEN

TITULO: ALIMENTACIÓN NATURAL EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*) *

AUTOR: JOEL HERNANDO MÉNDEZ ORDÚZ**

PALABRAS CLAVES: ALIMENTO VIVO, SEGURIDAD ALIMENTARIA, TILAPIA

DESCRIPCIÓN:

La acuicultura de subsistencia y el uso de alimentos no convencionales son la base para fortalecer la seguridad alimentaria de comunidades vulnerables, en este sentido la inclusión de *Gammarus lacustris* surge como una alternativa viable a la sustitución de los alimentos comerciales, favoreciendo la sostenibilidad. Se realizó un experimento con un diseño completamente al azar (3 tratamientos, 3 réplicas) cada unidad experimental conto con 24 individuos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) distribuidos homogéneamente con un peso promedio de 6 g, los tratamientos corresponden a la sustitución del alimento balanceado por *Gammarus lacustris*, en donde T₀= Control, T₁= inclusión del 7% y T₂= inclusión de 14%. Se estableció un cultivo de camarón a partir de 12 parentales en proceso de copula, se alimentaron con excretas de tilapia, estos además de sobrevivir se reprodujeron bajo condiciones de laboratorio. Se evaluaron las variables Ganancia de peso (GP), peso final(PF), consumo (C), conversión alimenticia (CA) y morfometria. En (GP) se presentaron diferencias significativas entre T₁=13,130±0,92^b y T₂=18,64±2,09^a, mas no entre estos y el T₀=14,59±2,63^{ab}, lo mismo para (PF) T₁=19,03±8.32^b y T₂=25,55±7,54^a y T₀=20,59±7,14^{ab}; de igual manera (C) T₁=93,71±4,75^b y T₂=133,0±19,8^a mas no entre estos y T₀=101,35±8,54^{ab}; para la variable (CA), no se presentaron diferencias significativas. Para las variables morfo métricas longitud total (Lt), longitud estándar (LS) y ancho (A), el T₂ presento 8% mayor longitud con respecto a T₀ y T₁, y 12% mayor valor para la variable anchura. La sustitución del 14% del alimento vivo presento los mejores resultados en las variables medidas. Se estableció la sobrevivencia y la reproducción del *Gammarus lacustris*, a partir de individuos tomados del medio en proceso de copula, bajo condiciones medioambientales del laboratorio a temperaturas entre 20 y 22°C, alimentados con excretas de peces y una fuente de oxígeno.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez, PhD en Acuicultura.

SUMMARY

TITULO: NATURAL FEEDING IN RED TILAPIA (*Oreochromis spp.*)
PRODUCTION SYSTEMS

AUTOR: JOEL HERNANDO MÉNDEZ ORDÚZ

PALABRAS CLAVES: FEED LIVE, FOOD SAFETY, TILAPIA

DESCRIPCIÓN:

The Subsistence aquaculture and the use of unconventional foods are the basis for strengthening the food security of vulnerable communities, in this sense the inclusion of *Gammarus lacustris* emerges as a viable alternative to the substitution of commercial foods, favoring sustainability. An experiment was carried out with a Completely Random Design (3 treatments, 3 replications) each experimental unit with 24 individuals of red tilapia (*Oreochromis sp.*) Homogeneously distributed with an average weight of 6 g, the treatments correspond to the substitution of the food balanced by *Gammarus lacustris*, where T0 = Control, T1 = inclusion of 7% and T2 = inclusion of 14%. A shrimp culture was established from 12 parents in copulation process, they were fed with tilapia excreta, these also survived reproduced under laboratory conditions. The variables Weight gain (GP), final weight (PF), consumption (C), feed conversion (CA) and morphometry were evaluated. In (GP) there were significant differences between T1 = 13.130 ± 0.92 and T2 = $18.64 \pm 2.09a$, but not between these and T0 = $14.59 \pm 2.63ab$, the same for (PF) T1 = 19.03 ± 8.32 by T2 = $25.55 \pm 7.54 a$ and T0 = $20.59 \pm 7.14 ab$; likewise (C) T1 = $93.71 \pm 4.75b$ and T2 = $133.0 \pm 19.8a$ but not between these and T0 = $101.35 \pm 8.54ab$; for the variable (CA), there were no significant differences. For morphometric variables total length (Lt), standard length (LS) and width (A), T2 showed 8% greater length with respect to T0 and T1, and 12% greater value for the variable width. The substitution of 14% of the live food presented the best results in the measured variables. The survival and reproduction of *Gammarus lacustris* was established, from individuals taken from the medium in the process of copulation, under environmental conditions of the laboratory at temperatures between 20 and 22 ° C, fed with fish excreta and a source of oxygen.

* Bachelor Thesis

** Instituto de Proyección Regional a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez, PhD en Acuicultura

Introducción

Para las Naciones Unidas es un desafío pensar en la seguridad alimentaria de más de 9.000 millones de personas, cifra de habitantes que se espera para el 2050, por lo cual, en su programa de agenda para el desarrollo sostenible 2030, aprobado por los países miembros de la organización, han incluido objetivos muy específicos como la contribución a la pesca y la acuicultura sostenible, la nutrición y la utilización de los recursos naturales de manera eficiente, para que contribuyan a la seguridad alimentaria dentro de un mundo golpeado por el cambio climático, la incertidumbre de los mercados internacionales en cuanto a la situación económica y financiera global, todo con el fin de una sostenibilidad social y ambiental que pueda erradicar la pobreza extrema y el hambre. Durante mucho tiempo, la producción mediante pesca de captura, superó la producción de la acuicultura, pero en el 2014 esta situación cambió, al obtenerse cerca del doble de producción mediante la acuicultura con relación a la pesca de captura, 93.4 y 167.2 millones de toneladas respectivamente. En la actualidad el suministro mundial de pescado supera la disponibilidad media, es decir, que hay recursos pesqueros suficientes para la densidad demográfica. El consumo *per capita* a nivel mundial fue de 14.4kg en la década de 1990 y ha aumentado a 19,7kg en 2013, pero existe una diferencia notable entre países desarrollados y los países de bajos ingresos con déficit de alimentos (PBIDA), para los cuales el consumo *per capita* en el 2013 fue de 18.8kg y 3.5 kg respectivamente (FAO, 2016)

Según la AUNAP (2014) a través del Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - PLANDAS, la producción acuícola en Colombia tuvo un fuerte crecimiento desde sus inicios en los años ochenta hasta finales del siglo XX, pero en la primera década del siglo XXI ha tenido una notable desorganización lo que ha impactado en la baja productividad del sector y

un aumento de los costos de producción, llevando a muchos de los pequeños productores a abandonar la actividad acuícola; de las 161.867,9 toneladas de producción pesquera registrada en el 2011, la acuicultura aportó el 51,1% de la producción total nacional, ocupando el espacio dejado por la pesca extractiva. La producción acuícola en Colombia en 2006 fue de 71.168 toneladas, de las cuales se exportaron 15.768 toneladas, mientras que en el 2011 alcanzó 82.733 toneladas y las exportaciones fueron de 9.968 toneladas. El consumo *per capita* para el año 1991 era de 1,19Kg, para el año 2000 alcanzó los 3,12 kg y en 2011 llegó a los 4,54kg. La acuicultura en Colombia está representada por la producción de tilapia, cachama y trucha, actividad que genera 36.069 empleos directos y 108.207 indirectos (MINAGRICULTURA y SIOC, 2019). La tilapia roja (*Oreochromis sp*) es el segundo pez de agua dulce más cultivado en el mundo después de las carpas, más de 100 países en el mundo lo cultivan, siendo china el mayor productor de carne de este pez, con una cifra cercana al 50% de la población mundial (...) la carne de pescado contiene lípidos, minerales, vitaminas, triglicéridos, fosfolípidos y proteínas de alto valor biológico, por el contenido de ácidos grasos poliinsaturados ayudan a la disminución de enfermedades coronarias y problemas asociados con diabetes, esto es importante ya que el cuerpo humano no puede sintetizar este tipo de ácidos grasos llamados esenciales, por lo que deben ser suministrados en la dieta, en particular a través de la ingesta de pescado, se ha demostrado que al suministrar alimentos ricos en ácidos grasos como omega 3 y 6, dentro la dieta de la tilapia, se puede aumentar el contenido de los mismos en el filete (Díaz *et al.*, 2012). El alimento natural como el zooplancton generalmente es rico en ácidos grasos poliinsaturados, es el caso del *Gammarus lacustris*, el cual contiene DHA omega 3 y EPA, estos ácidos se encargan de mantener la estructura y la función de las membranas celulares, y son unos precursores muy importantes de varios compuestos bioactivos en vertebrados, invertebrados y plantas (Rojano, 2012).

Colombia es un país mega diverso con gran variedad de ambientes acuáticos abundantes para la explotación de diversas especies de interés zootécnico, dentro de los cuales se encuentran especialmente los cíclidos y los salmónidos, esta es una característica que supone una oportunidad para el crecimiento del sector, sin embargo, el bajo nivel de tecnología y la dificultad para adquirirla y llevarla a los lugares más apropiados pero apartados del país, como lo es los ecosistemas de alta montaña donde abunda el recurso hídrico pero el acceso es limitado, se genera una marginación de las comunidades que allí habitan, no todos tendrán acceso a alimentos como la trucha en estado silvestre, por lo que la presión humana sobre el ecosistema acuático de estas regiones produce un deterioro del mismo.

En contraparte se genera un atentado contra la seguridad alimentaria definida por la FAO como el acceso al alimento en cantidad y calidad continuamente, por lo que es indispensable buscar y evaluar alternativas que generen un equilibrio ecológico entre el ecosistema, y el hombre, donde la actividad del uno no afecte la presencia del otro, y que las practicas humanas encaminadas a la obtención de alimento sean seguras y viables.

El objetivo de una granja rural de subsistencia es la de producir peces para el autoconsumo, usando recursos disponibles localmente a un costo mínimo. La unidad de producción propuesta generalmente consiste de un solo estanque de tierra de 100m², operado por el propietario o por sus familiares. Aquí, la actividad de cultivo se lleva a cabo en la base de tiempo parcial, con recursos económicos muy escasos que limitan principalmente la construcción del estanque y la compra de crías, de fertilizantes, alimentos y equipo para cultivo. Debido a estas restricciones, el cultivador emprende el cultivo de especies de peces que requieran poco o ningún manejo diario, que sean tolerantes a frecuentes condiciones de baja calidad de agua, y especies que se puedan alimentar en

los niveles bajos de la cadena alimenticia, de tal manera que puedan hacer un uso máximo del alimento natural del estanque y de subproductos agrícolas de baja calidad. Por todo lo anterior, las actividades de cultivo rural están generalmente restringidas al cultivo en estanques de especies de peces herbívoros u omnívoros, en sistemas extensivos o semi intensivos (FAO, s.f).

Son muchas las alternativas que se implementan hoy en día para la alimentación y producción animal, y en la acuicultura no hay excepción, aunque si es más exigente, sobre todo por los requerimientos nutricionales generales de la mayoría de las especies acuícolas, por esta razón el alimento vivo de la especie *Gammarus lacustris* se presenta como una alternativa viable en sustituto de los alimentos concentrados de alto costo y menor valor biológico, lo cual se presenta como una oportunidad o mecanismo de subsistencia para pequeños propietarios que cuentan con abundante recurso hídrico en sus parcelas y disponibilidad de dicho alimento en los ecosistemas de alta montaña.

La disponibilidad de los recursos bióticos y específicamente de zooplancton en ecosistemas de alta montaña, en la zona de transición hacia el ecosistema de paramo es un poco limitado en su diversidad, allí, en sus ecosistemas acuáticos, el *Gammarus lacustris* es la especie más abundante, dando lugar a la posibilidad de ser aprovechada como alimento de alto valor biológico para la alimentación acuícola, esto impactaría de manera positiva a las comunidades que allí subsisten, mas ahora cuando sus actividades de subsistencia están siendo cada vez más limitadas debido a las nuevas leyes de protección del ecosistema de páramo.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Evaluar la inclusión de *Gammarus lacustris*, como complemento alimenticio en tilapia roja *Oreochromis niloticus*

1.2. Objetivos Específicos

- Evaluar parámetros productivos en tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la fase inicial, sometidos a la suplementación del 0%, 7% y 14% en la dieta con *Gammarus lacustris*.
- Implementar un cultivo de *Gammarus lacustris* bajo condiciones de cautiverio.

2. Marco Referencial

2.1. Antecedentes

En la acuicultura, el alimento vivo es el grupo de organismos que componen el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual constituye la unidad básica de producción del material orgánico en los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con Bengtson (1993); Cestarolli *et al.*, (1994); Gamsiz *et al.*, (2001); Lavens *et al.*, (1998) y Ruyet (1989) coinciden en que después de la absorción del saco vitelino (como se citó en Castaño *et al.*, 2006) el inicio de la alimentación

exógena de la larva estará constituida de organismos planctónicos, siendo demostrada la esencialidad de organismos vivos como alimento inicial para post-larvas de peces (Lam *et al.*, 1993), ya que prácticamente todas las especies se alimentan de éstos durante su fase post-larval (Tavares *et al.*, 2003).

Baeza *et al.*, (2010) usaron tres tipos de alimento vivo, caprélidos, gammáridos y misidáceos para alimentar un cultivo de cefalópodos, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a tasa de crecimiento y supervivencia de juveniles, estos mismos autores evaluaron el uso de alimento vivo, dos tipos de gammáridos y artemia como tratamiento testigo en la alimentación de pulpo rojo, donde los juveniles alimentados con gammáridos alcanzaron el doble del peso de los juveniles alimentados con Artemia (citado en Rojano, 2012).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Acuicultura en Colombia. Está conformada por acuicultura marina y continental, fundamentalmente al cultivo de camarón, concentradas en el litoral pacífico y caribe, por su parte la acuicultura continental está representada exclusivamente por piscicultura, donde se cultivan especialmente especies como la tilapia roja y plateada, cachama y trucha. La acuicultura de peces ornamentales también es una actividad que ha experimentado un aumento a nivel nacional, con un incremento de la actividad del 20,44% anual hasta el 2012 (AUNAP, 2014).

2.2.2. Tilapia (*Oreochromis sp*)

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la Tilapia Roja

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	CHILIDAE
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis sp</i>

Nota: *Clasificación taxonómica de la Tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Adaptado de: Centro de Preparación Acuícola-Ministerio de la Industria Pesquera. (2000) Nutrición y alimentación de la Tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. La Habana, Cuba. Ministerio de la Industria Pesquera.

2.2.3. Generalidades de la Tilapia. Es originaria de África, pertenece a la familia de los ciclidos y está representada por cerca de 100 especies pertenecientes a seis géneros diferentes. Las especies de tilapia más conocidas son las siguientes: Mojarra roja (*Oreochromis sp.*), Mojarra negra (*Oreochromis mosambicus*), Mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*), Mojarra azul (*Oreochromis aureus*).

La tilapia es un pez omnívoro, se alimenta de algas microscópicas, insectos, frutas y otra amplia gama de alimentos naturales, pero además se adapta fácilmente al consumo de alimento concentrado, lo que facilita aún más su cultivo, consiguiendo altas producciones en un corto plazo y excelentes rendimientos en canal.

En este sentido, son peces muy prolíferos, esta especie tiende a reproducirse a partir de los tres meses de edad, y tienen una vida útil reproductiva de 2-3 años, las hembras pueden tener de 5 a 8 posturas al año y producir más de cien huevos por postura, la incubación es bucal, una vez la hembra deposita los huevos, el macho los fertiliza, luego la hembra los recoge y los incuba en la

boca durante 3 a 5 días (Prieto y Olivera, 2002) observaron una mejor productividad en huevos y larvas de tilapia roja al retirarlos de la boca de la hembra e incubarlos artificialmente. La fase inicial de crecimiento de las larvas se da mediante la absorción del saco vitelino, cuando este se ha absorbido en un 75%, las larvas de tilapia comienzan a aceptar el alimento artificial (Hsien y Quintanilla, 2008).

2.2.4. Requerimientos nutricionales. El tamaño y la edad del pez, la fuente proteica, el contenido de energía de la ración, calidad del agua y las condiciones de cultivo, afectan los requerimientos de proteína de la tilapia (tabla 2 y 3), el requerimiento de proteína bruta para la fase de reversión es de 41.30% y para peso superior a 100g los requerimientos son de 26.8% (Abdel y Sayed, 2008).

Tabla 2. *Requerimientos proteicos*

Estadio de vida	Peso (g)	Requerimiento (%)
Larva iniciadora		45-50
Crías	0.02-1.0	40
Alevines	1.0-10	35-40
Juveniles	10.0 25.0	30-35
Adultos	25-200	30-32

Nota: * Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*. Adaptado del “Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana”. Journal de la Orinoquia. 16 (1), 63-68. Colombia, 2012.

Tabla 3. *Requerimientos de aminoácidos*

Aminoácidos	% proteína	% en la dieta
Arginina	4.20	1.18
Histidina	1.72	0.48
Isoleucina	3.11	0.87
Leucina	3.39	0.95
Lisina	5.12	1.43
Metionina	2.68	0.75
Fenilalanina	3.75	1.05
Treonina	3.75	1.05

Nota: * Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*. Adaptado del “Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana”. Journal de la Orinoquia. 16 (1), 63-68. Colombia, 2012.

2.2.5. Requerimientos de energía. Las tilapias requieren básicamente los ácidos grasos linoléico y araquidónico presente en los aceites de origen vegetal. Los lípidos como fuente de energía de bajo costo y alto nivel energético mejoran la conversión alimenticia (Cyrino et al., 2002). La tilapia no utiliza eficientemente los lípidos como fuente de energética en niveles por encima de 5% de la dieta. De acuerdo con el Aldi et al., (2005) la relación proteína: energía varia de 81 – 117 mg/Kcal esta elevada relación en peces es debida a los altos requerimientos para la biosíntesis de proteína necesaria para la formación de tejidos (como se citó en Hurtado y Torres, 2012).

2.3. La Tilapia como Sistema de Producción para la Economía Campesina.

La economía campesina, por lo general cuenta con una pequeña porción de tierra para el ejercicio de su actividad, el manejo es poco tecnificado, la infraestructura es construida por ellos

mismos sin las condiciones técnicas requeridas y muchas veces en zonas no aptas para el desarrollo de ciertas actividades. No poseen capital de inversión y son los que realmente tienen dificultades para acceder a los créditos ya que les es imposible formalizar su actividad. Sus productos son destinados finalmente al autoconsumo y el remanente es comercializado localmente sin generar mayores beneficios económicos, y a nivel regional su impacto radica en garantizar la seguridad alimentaria de su núcleo familiar, quienes son los que trabajan y realizan los procesos. (...) A través de la historia se ha observado que el segmento de la economía campesina ha sido el más azotado dentro del sector rural, por la desigualdad en la distribución de tierras, acceso a tecnologías, mercados y capital de inversión, esto ha provocado una crisis sectorial que ha conllevado el empobrecimiento y atraso de los integrantes del núcleo familiar, lo cual ha fortalecido el incremento de la violencia y favoreciendo las actividades ilícitas en el país (Jimenez y Molina, 2010).

Más allá de la especie a cultivar como medio de subsistencia se debe tener en cuenta la fuente de alimentación, que sea nutritiva y de fácil acceso, es por ello que se propone el uso de camarones *Gammarus lacustris* para la alimentación de especies `potencialmente productivas para la economía campesina.

En Colombia a principios de la década de 1980 se introdujeron al país las tilapias *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis sp*. Para fomentar la acuicultura en estanques, y posteriormente se fomentó de la acuicultura comercial de trucha arcoíris, tilapia y cachama (AUNAP, 2014). En el 2017 las exportaciones de tilapia llegaron a 41.7 millones de dólares, y la producción de 73.641 toneladas, incremento 10% con relación al 2016 (Dinero, 2018).

2.4. Alimento Vivo en Acuicultura

Se considera como alimento vivo a los animales o algas, que como su mismo nombre lo indica se encuentran aún con vida y tienen el potencial para ser usados para la nutrición de otras especies animales. La acuicultura, denomina el alimento vivo como el grupo de organismos que componen el plancton (fitoplancton y zooplancton), el cual constituye la unidad básica de producción del material orgánico en los ecosistemas acuáticos (Ruiz y Troncoso, 2015).

En la Acuicultura, uno de los factores limitantes es la obtención y producción de alimentos que cubran todos los requerimientos para las especies de cultivo y que resulten costeables. El alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) es esencial durante el desarrollo larvario de peces, crustáceos y moluscos. En la actualidad la investigación orientada hacia los microorganismos como fuente de alimentación está en pleno desarrollo (Tacón y Torrentera, s.f)

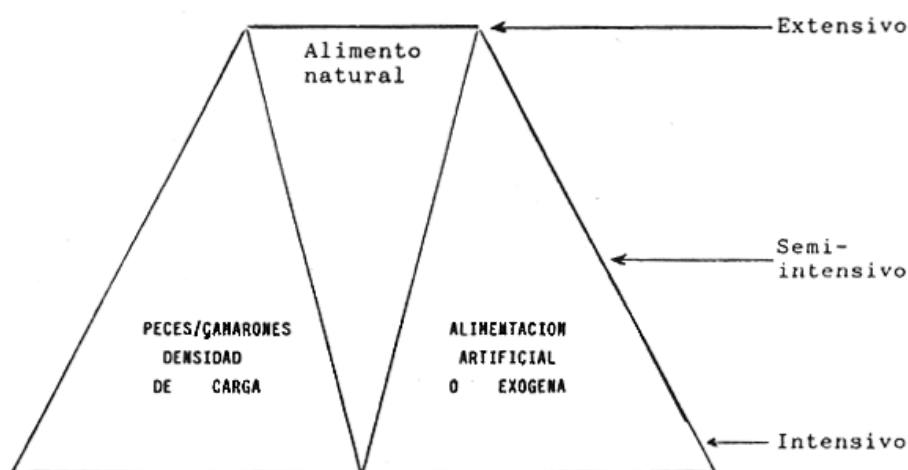


Figura 1. Relación del alimento natural y artificial en la nutrición de peces y camarones en sistemas de cultivo extensivo, semi-intensivo e intensivo. Adaptado de: Tacón (1987). Nutrición y Alimentación de los Peces. Roma. Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S17.htm>.

El alimento vivo contiene los nutrientes esenciales para el desarrollo larvario de diferentes especies de interés comercial, la FAO a través de un documento para el Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para América Latina y el Caribe, clasifico cinco especies de zooplancton para alimentación animal: *Brachionus plicatilis* (rotífero), *Tigriopus japonicus* (copépodo), *Artemia salina* (braquiópoda), *Daphnia sp.* y *Moina sp* (cladóceros). Estas especies son las más usadas en Acuicultura por su valor nutricional y facilidad de producción Tación y Torrentera, s.f).

El alimento vivo es mayormente utilizado en los primeras etapas de vida de los peces, es decir cuando se encuentran en estado larval, algunas larvas se alimentan durante el proceso de reabsorción del saco vitelino y otros al iniciar este proceso, el alimento vivo no ha podido ser reemplazado completamente por un dieta artificial, y la sobrevivencia y el desarrollo se ve muy limitado cuando la alimentación se hace a base de concentrado, se obtienen rendimientos medios en un dieta combinada y los mejores resultados con una alimentación completamente natural, sin embargo existe una gran diferencia económica, tiempo y espacio para la obtención de los dos tipos de alimentos, siendo el alimento vivo el más costoso y tedioso de producir, mientras que el alimento concentrado es más fácil de producir y manipular, otra diferencia es la calidad y composición nutricional de los dos tipos de alimentos (Lazo, 2000).

Existen diversas fuentes de alimento vivo para peces, estas deben ser suministradas de acuerdo a la etapa de desarrollo del pez, ya que muchas de las fuentes de alimento vivo no pueden ser ingeridas debido a su tamaño, estas pueden ser o muy grandes para ser tragadas o muy pequeñas para ser vistas por el predador, dado lo anterior el camarón de agua dulce presenta características morfológicas y nutritivas para ser suministrado a alevines de tilapia.

2.4.1. Importancia nutricional del alimento vivo. En los ambientes acuáticos naturales existe una cadena trófica, de la cual depende la sobrevivencia de la mayoría de los agentes bióticos que allí se encuentran, el alimento vivo constituye la principal fuente de alimentación de peces, y a su vez este alimento requiere de nutrientes adecuados para su desarrollo. El alimento vivo debe cumplir con los requerimientos nutricionales de la especie a alimentar, ya que se ha demostrado que una deficiencia en el alimento puede causar gran mortalidad de larvas y juveniles en cultivo (Hirata *et al.*, 1982). Los autores Fogg *et al* (1975), Watanabe (1978) deducen que el contenido de nutrientes de las especies de alimento vivo está directamente relacionado con la alimentación que este recibe (tomado de FAO, 1989)

Son un grupo de pequeños crustáceos que suelen pasar desapercibidos para la mayoría de las personas. Esto se debe a que son organismos de colores oscuros y claros que no suelen sobrepasar los 2 cm de tamaño y poseen una gran capacidad para camuflarse en el medio en el que habitan. Se encuentran entre las algas u otras estructuras artificiales, alimentándose fundamentalmente de detritus, formando agregados de un alto número de individuos, y desempeñando varias funciones en el ecosistema como la de servir de alimento a muchas otras especies animales. Estas características hacen que estos individuos puedan ser fácilmente cultivados bajo condiciones controladas y puedan usarse como un alimento alternativo para la producción de especies de interés comercial en acuicultura, cuyas primeras fases de crecimiento en condiciones naturales necesitan de estos organismos para poderse alimentar.

Los ciclos biológicos de caprélidos y gammáridos se caracterizan por tasas de crecimiento rápidas, maduración sexual temprana al alcanzar el mes de vida, reproducción continuada desde la maduración y aumento progresivo del número de juveniles emergidos con la longitud corporal de la hembra (Rojano, 2012) Estas características hacen que en la naturaleza logren alcanzar

densidades de hasta 319.000 ind/m² (Carrascal, 2011). Mediante la observación del comportamiento del camarón en su medio natural, se establece que existen nichos de alimentación y reproducción, éstos están caracterizados por la abundancia de materia orgánica, la cual proviene de la fertilización de praderas y excretas de los animales en pastoreo, también abundan las plantas acuáticas, las cuales actúan como medio de refugio y protección de la luz directa, otro factor que favorece la presencia del gammarus es la velocidad de la corriente, donde puede haber un continuo recambio de agua pero su velocidad es baja.

2.4.2. Camaron de agua dulce (*Gammarus lacustris*)

Tabla 4. Clasificación taxonómica del *Gammarus lacustris*

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Subfilo	Crustáceos
Clase	Malacostraca
Orden	Amphipoda
Familia	GAMMARIDAE
Género	<i>Gammarus</i>
	<i>Gammarus</i>
Especie	<i>lacustris</i>

Nota: *Clasificación taxonómica del *Gammarus lacustris*. Adaptado de: Taxonomic review of Freshwater Gammarus Crustacea Amphipoda from Irán. Revista Zootaxa, V.1. Polonia; 2011.

2.4.3. Distribución. Fu *et al* (2007), basado en un estudio de filogenia cree que probablemente el camarón de agua dulce es originario de Asia y dispersado a Europa y Norte América. Actualmente esta especie es mundialmente distribuida, en Europa, Asia y Canadá, usualmente habita en lagos de montañas y glaciares, pero se encuentra también en otro tipo de hábitat donde la temperatura del agua no supere los 20°C (Karaman y Pinkster, 1977). En Colombia se encuentra en zonas de alta montaña y paramo, en aguas poco profundas de los arroyos de escorrentía, en el municipio de Málaga se ha observado desde la altura del casco urbano a 2230 m.s.n.m. hasta los 2800 m.s.n.m. (observación directa).

2.4.4. Alimentación. Es sencilla, ya que se alimentan de materia orgánica, animales en y algunos insectos. Actualmente, la poca literatura reporta que el *Gammarus* acepta además algunas verduras y frutas, pero con ciertas restricciones, especialmente en cuanto a la cantidad y a la presentación se refiere, ya que este tipo de ingredientes se descomponen con rapidez alterando la calidad del agua generando la necesidad de recambios diarios lo cual perjudica la formación de algas benéficas para los animales (Muñoz, 2015).

2.4.5. Reproducción. El macho sujeta a la hembra durante una semana aproximadamente teniendo ya en ese momento la hembra todo el abdomen lleno de huevos que empiezan a colorear. De una semana a 10 días después, los huevos cambian de color naranja y de ahí nacen las crías midiendo 1mm y son de color transparente. Aproximadamente en 10 días ya se distinguen las crías y empiezan a nadar por toda la superficie y están de 2mm o más, con un tono grisáceo uniforme. En un mes ya es posible diferenciar si es macho o hembra ya que la hembra es más clara que el macho (Sutcliffe, 2010).

2.4.6. Composición química

Tabla 5. composición química del camarón (*Gammarus lacustris*)

Nutriente	%
Proteína	37.9 – 44.6
Carbohidratos	3.1 – 9.1
Lípidos	5.1 – 9.6
Cenizas	29.3 – 39.7

Nota: *Composición nutricional de los Anfípodos. Adaptado de: Importancia de los anfípodos en la dieta de especies de interés acuícola del litoral Andaluz. Revista Zoológica Baetica, V. 26. Sevilla; 2015.

3. Metodología

3.1. Tipo de Investigación

Se realizó una investigación de tipo experimental, mediante la cual se determinó la disponibilidad de alimento natural *Gammarus lacustris* en el municipio de Málaga, con base al resultado se procedió a realizar la captura de dicho crustáceo para implementar un cultivo a nivel de laboratorio; y evaluar el efecto de inclusión (7% y 14%) sobre los parámetros productivos de juveniles de tilapia roja.

3.1.1. Localización. La captura de los camarones se llevó a cabo en la finca Santa Helena, propiedad del señor Tulio Moisés Ibáñez, ubicada en el kilómetro seis, vía Málaga Bucaramanga, allí se encuentran pequeños arroyos naturales que atraviesan sus predios durante el recorrido, estos son fertilizados con abundante materia orgánica a base de gallinaza lo cual constituye una fuente de alimento que favorece el hábitat de los gammaridos y su disponibilidad.

El ensayo se llevó a cabo en el municipio de Málaga Santander, en el laboratorio de ictiología de la Universidad Industrial de Santander, barrio el limonar, ubicado entre los 6°42'23.37" al Norte y 72°43'42.05" al Oeste (IGAC 1996), a una altura de 2213 m.s.n.m. y temperatura promedio de 18°C.

3.1.2. Duración del proyecto. La investigación comprendió un periodo de 10 semanas dividida en dos fases:

Fase de campo No. 1: Consistió en una prueba preliminar para determinar la disponibilidad del alimento natural en el medio, se realizó la captura, la implementación del cultivo y se evaluó su inclusión en la dieta para juveniles de tilapia roja.

Fase de campo No. 2: comprende la toma, el análisis de datos y la elaboración del documento final.

3.2. Metodología para la Captura e Implementación del Cultivo de Camarón

A continuación una descripción del procedimiento de captura el cual consiste en sumergir el colador hasta el fondo del arroyo, haciendo un arrastre del lecho acuático y bajo las plantas acuáticas, luego sin sacar el colador del agua se hace un movimiento en círculo y balanceado para

dejar salir partículas ajenas al camarón, luego se hace una inclinación del colador a unos 45 grados para que los individuos se deslicen hasta el recipiente que contiene el agua para ser almacenados temporalmente, luego de unos minutos, cuando se haya decantado el agua, se trasvasan a un recipiente con agua listos para ser transportados.

3.2.1. Manejo experimental de los camarones. Para la implementación del cultivo de camarón se tuvo en cuenta que las condiciones del medio fueran las más naturales posibles, para lo cual se utilizó un acuario con medidas de 50x40x30 cm largo x ancho x alto, agua cien por ciento tomada del hábitat, oxigenación e inoculación de excretas de pez como fuente de alimento, el agua fue madurada durante 8 días previo a la introducción de los gammaridos; para iniciar con el cultivo se seleccionaron 6 parejas, estas se encontraban en proceso de copula, durante y después de la introducción al acuario permanecieron unidos; se agregó excretas de pez cada 8 días para mantener un suministro continuo de alimento, se hizo control de temperatura y recambio del 50% del agua cada 8 días. El proceso de recolección para la implementación del cultivo como para la alimentación de la tilapia fue el mismo hasta el almacenamiento, a partir de ahí se le dio un manejo diferente para ser suministrado a los peces.

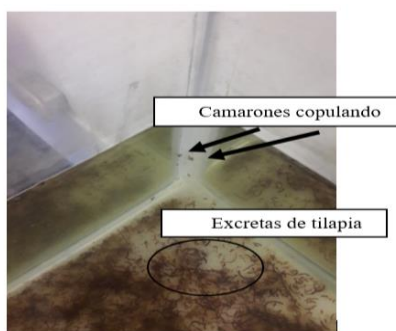


Figura 2. Parentales de camarones en proceso de copula, alimentados con excretas de tilapia

3.2.2. Variables para evaluar la producción de camarón en cautiverio. Supervivencia, Adaptación, Reproducción

3.2.3. Fase experimental. Para la fase experimental fue utilizado el sistema de recirculación de agua (SRA) del laboratorio de acuicultura de la Universidad Industrial de Santander, el cual consta de 9 acuarios o unidades experimentales con capacidad de 32 litros c/u y un filtro de 35.9lt de agua, el diseño alberga en total 323 litros de agua, (figura 2) el filtro se divide en tres compartimentos, dos divisiones escalonadas que permiten el paso del agua, pero a la vez la colocación de materiales como piedras de diferentes tamaños, guata y tubos de PVC que permiten la filtración mecánica (limos y arcillas) y filtración biológica (retención de nitritos y nitratos), esto con el fin de mantener en buenas condiciones la calidad del agua, en el tercer compartimento se encuentra una bomba sumergible de agua con capacidad de 2500f/P, dos termostatos y dos fuentes de oxígeno; antes de la recepción de los alevines se realizó una maduración del agua durante 8 días, manteniendo la temperatura entre 24 y 26 °C, el día de la recepción de los peces se agregó sal marina al agua con el fin de disminuir estrés y fortalecer el sistema inmune de los peces, esta práctica se llevó a cabo cada vez que se realizaba algún tipo de manipulación de los animales.

3.2.4. Individuos experimentales. Se recibieron 100 peces de tilapia (*Oreochromis sp.*) de una semana de edad, con peso promedio de 2g, estos fueron adquiridos de la distribuidora SURTIPECES, de la ciudad de Bucaramanga, transportados en bolsas de polietileno con oxígeno, antes de desempacarlos se hizo un proceso de aclimatación, sumergiendo la bolsa dentro del acuario durante 30 minutos, paulatinamente se fue haciendo un recambio parcial entre el agua de la bolsa y la del acuario, finalmente se realizó una distribución al azar de los peces dentro de los acuarios, los peces fueron alimentados uniformemente con balanceado de la marca Itálcol, línea mojarra 40% de proteína durante dos semanas, tiempo en el que se adaptaron, se estabilizó la mortalidad y aumento el tamaño de la boca para poder tragar el alimento vivo.

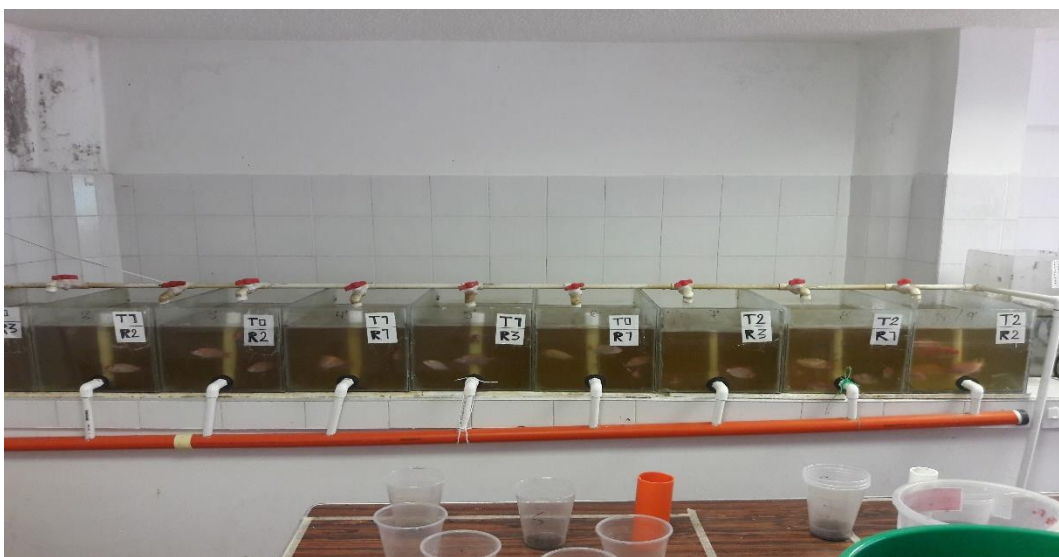


Figura 3. Distribución de los tres tratamientos y tres replicas al azar, en la línea de acuarios

3.3. Diseño Experimental

Una vez se comprobó que los peces podían consumir el alimento natural, se realizó una redistribución de los mismos en un diseño completamente al azar, con tres tratamientos T_0 = tratamiento testigo, T_1 = tratamiento con 7% de inclusión de alimento natural y T_2 = 14% de

inclusión de alimento natural, cada uno con tres replicas, para lo cual se sometieron a un periodo de ayuno de 18 horas, fueron pesados y medidos para homogenizar las réplicas en cada tratamiento, este procedimiento se realizó cada 8 día con ayuda de una balanza analítica marca OHAUS con precisión de 0,001g y para la medición de los peces se utilizó una forcípula y se registraron las medidas longitud total (LT), longitud estándar (LS) y altura (A).



Figura 4. Medición de variables morfométricas



Figura 5. Medición de variables morfométricas y toma de datos

3.3.1. Alimentación y Manejo. Para la alimentación se usó concentrado comercial de la marca Italcol, Mojarra 34% de proteína en todos los tratamientos, este fue medido según biomasa de cada unidad experimental, luego se sustituyó el 7% del mismo por alimento vivo para el tratamiento uno (T_1) y el 14% para el tratamiento 2 (T_2), el tratamiento testigo (T_0) recibió solo alimento balanceado; El alimento se distribuyó en 5 raciones al día, entre las 8 de la mañana y 5 de la tarde, cuatro raciones de alimento balanceado y el alimento vivo en una sola ración entre la tercera y cuarta ración de alimento concentrado, todas las raciones se suministraron hasta observar aparente saciedad, al final del día se pesó el alimento residual con el fin de determinar el consumo, el consumo fue ajustado cada 8 días según biomasa del acuario de acuerdo con las tablas del manual de alimentación de tilapia. El consumo de alimento vivo fue total desde el inicio del experimento, ya que el movimiento de los camarones en la columna del agua estimulaba su instinto predador. La medición de los peces se realizó con ayuda de una forcípula.

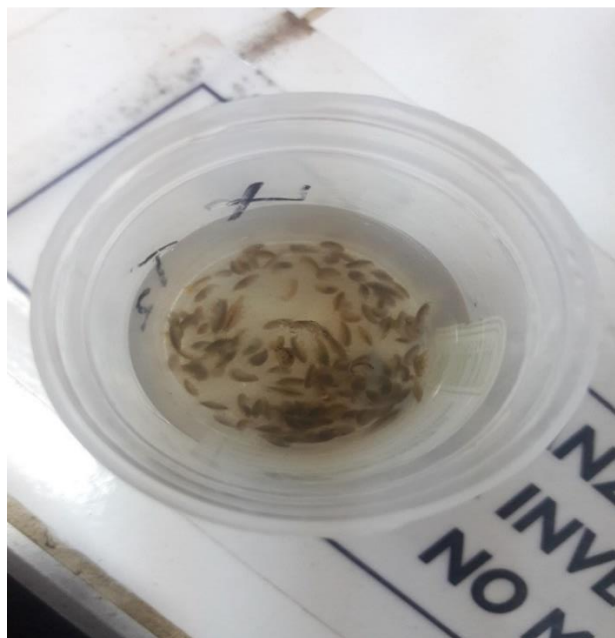


Figura 6. Alimento natural pesado y empacado listo para ser suministrado a los peces

Tabla 6. Composición nutricional del alimento balanceado mojarra 34 % Italcol*

Nutriente	%
Proteína (Mín)	34%
Grasa (Mín)	8%
Humedad (Máx)	12%
Fibra (Máx)	6%
Ceniza (Máx)	12%
Digestibilidad	90%
Conversión	0,4

Nota: *Composición Nutricional de Alimento Balanceado Mojarra 34% de proteína. Adaptado de “Empresa de Alimentos Concentrado ITALCOL”. (s.f). Alimentos Concentrados. Colombia. ITALCOL. Recuperado de <http://www.italcol.com/acuicultura/mojarra/#1493066564597-caaa4c73-c206>

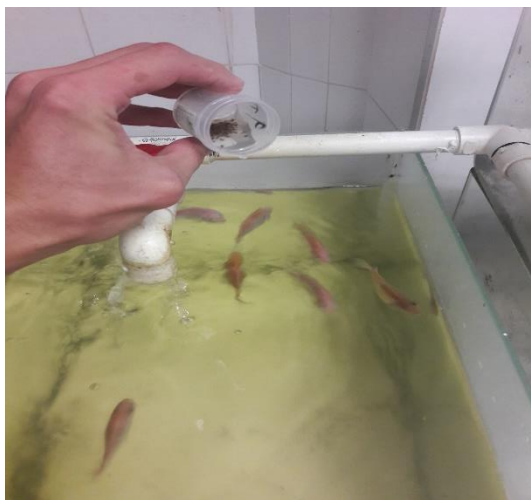


Figura 7. Suministro de alimento natural a juveniles de tilapia, sometidos a diferentes niveles de inclusión de 0%, 7% y 14% de alimento vivo.

3.3.2. Variables para la evaluación del efecto de inclusión de alimento natural en la dieta.

Consumo: para el análisis de esta variable se halló la diferencia diaria entre la oferta y el residuo de alimento en cada unidad experimental, y con ello calcular el acumulado.

Ganancia de peso: para esta variable se registró el peso inicial día 0, y el peso al final del experimento.

Conversión alimenticia: se calculó teniendo en cuenta el consumo y la ganancia de peso obtenida

Mortalidad: se determinó mediante la observación diaria de los peces y se registró según el evento afín al parámetro.

3.3.1. Indicadores morfométricos. Longitud total: esta variable se calculó midiendo los peces de forma longitudinal, desde la punta de la boca hasta el final de la aleta caudal.

Longitud estándar: esta variable se calculó midiendo los peces desde la punta de la boca hasta la terminación del cuerpo e inicio la aleta caudal.

Altura: se calculó midiendo los peces desde la parte más ancha de la región ventral hasta la región dorsal.

3.4. Diseño Estadístico

Para el análisis de las variables productivas se empleó un análisis de varianza con un modelo completamente al azar.

Modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \epsilon_{ij}$$

i: repeticiones, 3 acuarios por cada tratamiento (parámetros productivos) y 24 individuos por cada tratamiento (parámetros morfométricos).

j: niveles de los tratamientos (3)

En donde:

Y_{ij} : observaciones de la unidad experimental i que recibió el tratamiento j

μ : media total

T_j : parámetro único debido al tratamiento j

ϵ_{ij} : error experimental

El análisis estadístico se realizó a través del programa R

4. Resultados

4.1. Cultivo de Camarón

La adaptación del camarón al cautiverio se vio reflejada en la sobrevivencia del 100% de los individuos sometidos a prueba bajo las condiciones establecidas, estas condiciones favorecieron la respuesta de los individuos hacia la reproducción Noya, N (2014)., por lo que se estableció un patrón o protocolo bajo determinadas condiciones de manejo y alimentación para llevar a cabo tal acto de manera repetitiva, figura 9. Esta secuencia bajo las condiciones indicadas permite obtener alimento vivo de buena calidad y disponibilidad para juveniles de variedad de especies de peces, entre ellas las especies ornamentales, también contribuye a disminuir la contaminación del agua

causada por los desechos de alimento y excretas de los peces en cultivo mediante un proceso de reciclaje al reutilizar dichos desechos como alimento para los camaridos, figura 10.



Figura 8 . Pool de camarones nacidos en cultivo

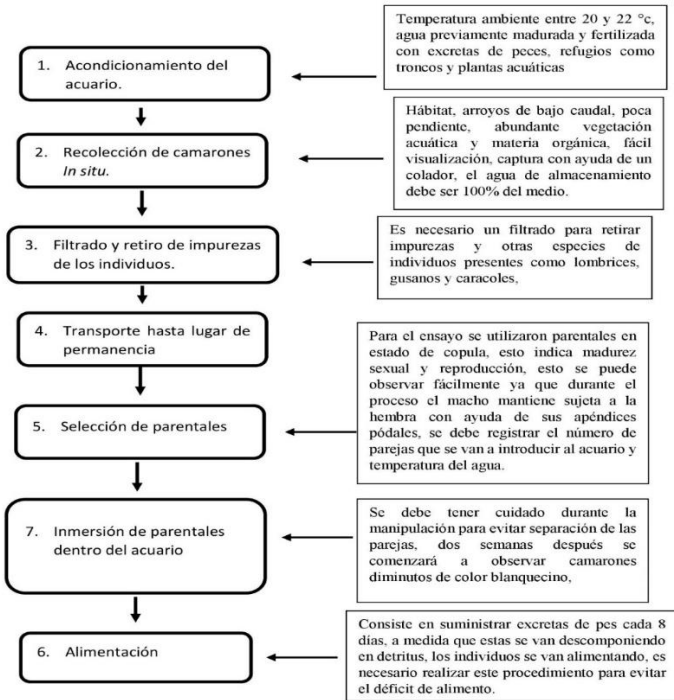


Figura 9. Flujograma para la producción de *Gammarus lacustris* en cautiverio a partir de parejas en proceso de copula tomadas de su medio natural.

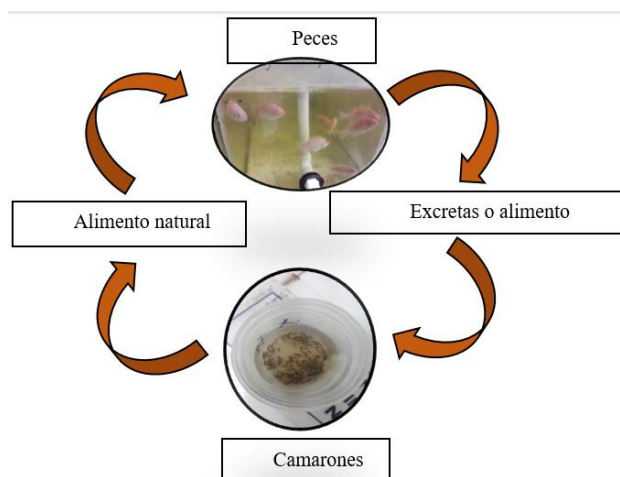


Figura 10. Proceso de reciclaje de excretas de tilapia para alimentación de *Gammarus lacustris* y producción de alimento vivo para alimentación de peces.

4.2. Parámetros Productivos en Juveniles de Tilapia

4.2.1. Mortalidad. A lo largo del experimento se registró la muerte de dos individuos, correspondientes a los tratamientos T_0 y T_1 , testigo y 7% de inclusión respectivamente, lo cual representó el 4,16% de mortalidad para cada tratamiento. La muerte de los individuos no se relacionó con factores inherentes a los tratamientos o dietas suministradas sino a problemas técnicos, ya que estos se salieron del acuario por sus propios medios y murieron.



Figura 11. Mortalidad (%)

4.2.2. Ganancia de Peso. El peso se determinó en los días 1 y 56 del experimento, para el análisis de esta variable se tuvo en cuenta el peso inicial y el peso final. Desde el comienzo del experimento, la ganancia de los peces se vio afectada, los peces tenían una edad biológica de 28 días, y un peso promedio de 6,31 gramos, lo que indica un retraso inicial del 40% del peso con respecto a la edad según lo sugerido por la casa comercial de concentrados Italcol, en la siguiente tabla se puede apreciar la ganancia de peso entre tratamientos, y se mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el T₁ y T₂, 7% y 14% de inclusión respectivamente, mas no se presentaron diferencias entre estos dos y el tratamiento testigo.

Tabla 7. Peso corporal inicial, ganancia de peso y peso final de juveniles de *Oreochromis sp* sometidas a diferentes niveles de suplementación de 0%, 7%, 14% de alimento natural

Tratamientos	T ₀ Control	T ₁ Inclusión 7,0%	T ₂ Inclusión 14%
Peso inicial(g)	6,14±2,01 ^a	5,94±1,85 ^a	6,91±1,49 ^a
Ganancia de peso(g)	14,59±2,63 ^{ab}	13,130±0,92 ^b	18,64±2,09 ^a
Peso final (g)	20,59±7,14 ^{ab}	19,03±8.32 ^b	25,55±7,54 ^a
Prueba de Tukey ($\alpha=0,05$)			

Al iniciar el experimento y con el fin de no incurrir en un error estadístico se realizó un análisis de varianza sobre los pesos de los animales, para confirmar una distribución uniforme entre los tratamientos, el análisis arrojó que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo cual permitió dar inicio a la investigación según el arreglo ya establecido.

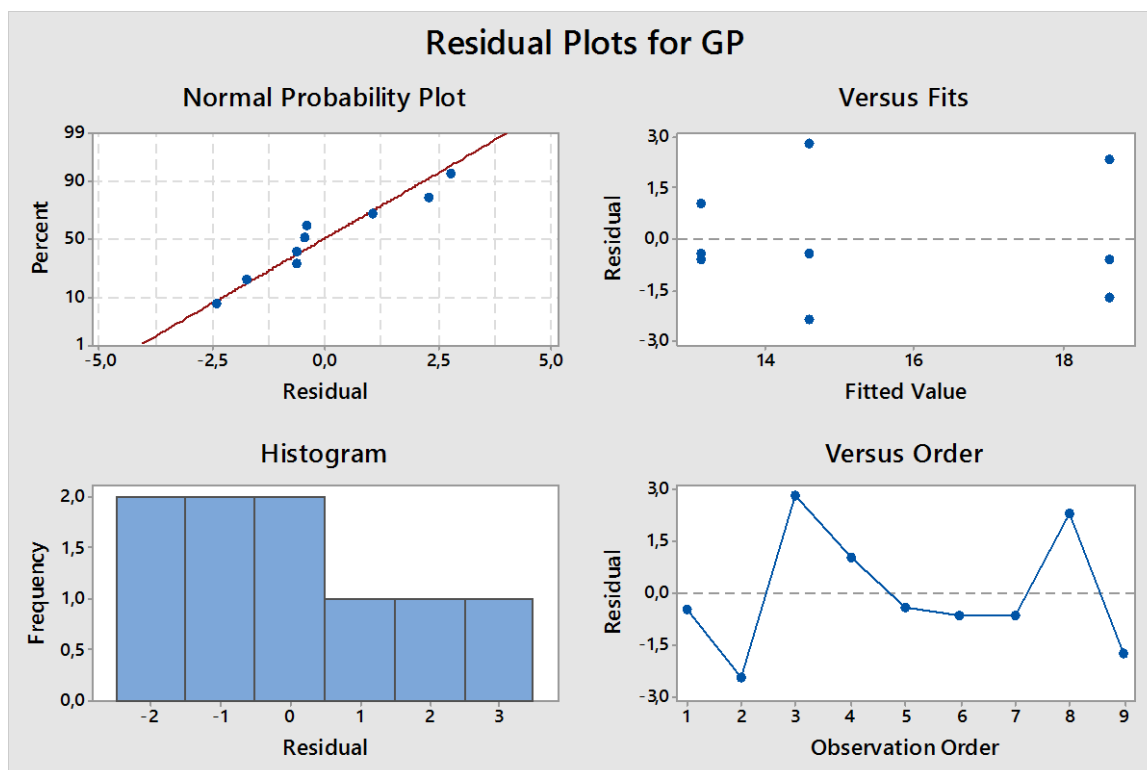


Figura 12. Comportamiento residual de los datos de la variable ganancia de peso en juveniles de *Oreochromis sp*, sometidas a diferentes niveles de suplementación, 0%, 7% y 14% de alimento natural.

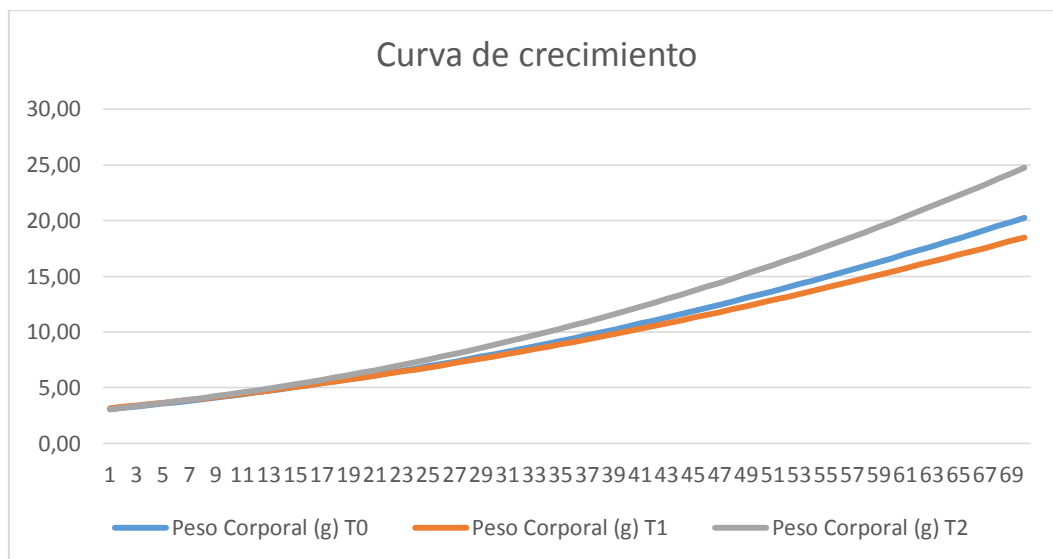


Figura 13. Curva de crecimiento media de *Oreochromis sp* sometida diferentes niveles de suplementación, T₀ testigo, T₁: inclusión del 7% y T₂: inclusión del 14% durante la fase experimental según modelo Gompertz.

4.2.3. Peso final. El efecto de la inclusión de alimento vivo se vio reflejada en la ganancia de peso y por ende influyo en el peso final, ya que se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos $T_1=19,03\pm8.32^b$ y $T_2=25,55\pm7,54^a$, pero no hubo diferencias entre estos y el $T_0=20,59\pm7,14^{ab}$, esto puede explicarse por el mayor aporte de nutrientes que tiene disponible los peces al contar con un mayor suministro de alimento vivo dentro de la dieta, sin embargo la inclusión de algún porcentaje de alimento natural dentro de la dieta, puede aumentar la ganancia de peso en animales que por algún caso han tenido un ligero retraso en su crecimiento con respecto a la edad tal y como se puede apreciar en la tabla 8, donde los peces utilizados para realizar el experimento presentaban un peso entre el 60% y 70% del peso que deberían tener según lo recomendado por la casa comercial de concentrados Itacol, condición que no se mantuvo y por el contrario las cifras disminuyeron hasta un 36% y 45% al final del experimento.

Tabla 8. Comparación entre el peso recomendado por la casa comercial de concentrados Itacol, y el peso real al inicio y al final del experimento en juveniles de tilapia roja sometida a la inclusión de 0%, 7% y 14% de alimento vivo dentro de la dieta.

Tratamiento	Peso Itacol		Peso Real			
	*PI	**P F	PI	PF	***%(PRI)	****%(PRF)
T0	10	56	6,14	20,59	61,4	36,8
T1	10	56	5,94	19,03	59,4	34,0
T2	10	56	6,91	25,55	69,1	45,6

*PI: peso inicial

**PF: peso inicial

***%(PRI): relación porcentual del peso inicial real con respecto al peso establecido por la casa comercial Itacol

****%(PRF): relación porcentual del peso final con respecto al peso final establecido por la casa comercial Itacol

4.2.4. Consumo. De acuerdo a la guía de manejo de la casa comercial Itacol para mojarra con peso de 5 a 10g, 10 a 20g y 20 a 40 gramos, el consumo debe ser del 4%, 3,3% y 2,8% de la biomasa respectivamente, condición que no se alcanzó en los animales del experimento, los cuales presentaron una ingesta de acuerdo al peso vivo con una disminución del 13%, 26% y 11% secuencialmente para el (T₀) control, (T₁) 7% y (T₂) 14% de inclusión de alimento vivo, se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (T₁) y (T₂), pero no entre estos dos y el tratamiento control (T₀).

4.2.5. Conversión alimenticia. La casa comercial Itacol, para la línea mojarra 34%, establece una conversión alimenticia de 0.4, índice muy cercano al obtenido en el experimento, en el cual no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual indica que la suplementación con alimento vivo en diferentes niveles no afecta este parámetro.

Tabla 9. consumo y conversión alimenticia de juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*), sometidos a diferentes niveles de suplementación 0%, 7% y 14% de alimento vivo.

Tratamientos	T ₀	T ₁	T ₂
	Control	Inclusión 7,0%	Inclusión 14%
Consumo	101,35±8,54 ^{ab}	93,71±4,75 ^b	133,0±19,8 ^a
Conversión	0,656±0,015 ^a	0,636±0,032 ^a	0,666±0,023 ^a

4.3. Variables Morfométricas

Corresponde a las medidas longitud total (LT), longitud estándar (LS) y altura (A), para todas las variables se presentaron diferencias significativas entre el T₂ y los demás tratamientos, para los cuales no hubo diferencia entre si T₀=T₁.

Tabla 10. Parámetros morfométricos medios de juveniles de *Oreochromis sp*, sometidos a diferentes niveles de suplementación 0%, 7% y 14% de alimento natural.

	T ₀	T ₁	T ₂
Tratamientos	Control	Inclusión 7,0%	Inclusión 14%
Longitud total (cm)	8,27±1,56 ^b	8,14±1,59 ^b	8,83±1,75 ^a
Longitud Estándar (cm)	6,87±1,33 ^b	6,69±1,30 ^b	7,30±1,33 ^a
Altura (cm)	2,51±0,45 ^b	2,45±0,44 ^b	2,80±1,40 ^a

5. Discusión

El mayor valor de peso se obtuvo al incluir el 14% de *Gammarus lacustris*, datos que concuerdan con lo descrito por Lubyantsev y Zubchenko (1970) en donde afirman que los camarones de agua dulce son capaces de retener radio-glucosa del medio, sintetizándola en proteína soluble, aminoácidos y minerales como: el Calcio y el fósforo. Otro factor influyente es la composición química de los gammáridos, que corresponde a la presencia de ácidos grasos poliinsaturados de la de cadena 20:5 (n-3) y 20:4 (n-6) (Baeza *et al.*, 2014) que contribuyen al rápido crecimiento de la tilapia roja, niveles muy bajos deprimen el crecimiento; niveles altos disminuyen la cantidad de alimento consumido, retrasan el crecimiento y conllevan al padecimiento del hígado graso (Aguilar, 2010).

Los parámetros de medición como: la longitud estándar, la longitud total y altura pudieron haber sido influenciados por los niveles de inclusión del 14% de *Gammarus lacustris* en la dieta, ya al contar en su composición con una biodisponibilidad proteica alta, se da el aumento del crecimiento y por consiguiente de la longitud, estudios demuestran que niveles intermedios de proteína en la dieta como del 30% en alevines jóvenes aumenta su longitud, en comparación de cuando se emplea

un 20-50% (Adam *et al.*, 1988), estos datos concuerdan los reportados por Bañes *et al.*, (1981) en donde al emplear niveles de proteína del 43,1% alevinaje y 36,4% levante, se observó un incremento de 5,1 veces en la longitud.

6. Conclusiones

La sustitución de una fracción de una dieta balanceada por *Gammarus lacustris* no afecta de manera negativa los parámetros productivos de la tilapia, esto toma gran importancia a la hora de alimentar peces como medio de subsistencia en familias de escasos recursos, ya que podrán tener alimento de buena calidad a su disposición para alimentar los peces sin que estos se retrasen en su crecimiento.

La reproducción del *Gammarus lacustris* en cautiverio es posible a partir de parentales en proceso de copula tomados del medio, bajo condiciones normales de temperatura, y oxigenación, el agua debe ser 100% del medio natural y la alimentación a partir de materia orgánica descompuesta.

7. Recomendaciones

Se recomienda la realización de un análisis cuantitativo sobre el crecimiento poblacional de *Gammarus lacustris* en cautiverio y determinar la población requerida para alimentar determinado lote de peces con una sustitución parcial del concentrado comercial.

Se recomienda que la especie a ser alimentada se encuentre en un estado de desarrollo en el que el tamaño de la boca sea mayor al tamaño del *Gammarus*, ya que de lo contrario es imposible el consumo.

La alimentación natural con *Gammarus lacustris* puede ser implementada en otras especies de peces como los ornamentales, ya que estos le aportaran ácidos grasos esenciales, y proteína de alto valor biológico, lo que los mantendrá sanos y muy activos.

Se recomienda que el agua utilizada para cultivar los camarones provenga 100% del medio natural, evitando que residuos de cloro del agua potable cause la muerte de los individuos.

Referencias Bibliográficas

- Abdel, M., y Sayed, E (2004). Protein nutrition of farmed tilapia searching for conventional sources. Alexandria, Egypt: University of Alexandria.
- Adam, A., Howlader, M., y Siddiqui, A. (1988). Effects of dietary protein levels on growth, feed conversión and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Aquaculture, 70 (1-2), 63-73. doi:10.1016/0044-8486(88)90007-5
- Aguilar, F. (2010). *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de la Tilapia roja Oreochromis spp. y Tilapia nilótica Oreochromis niloticus y Tilapia nilótica Oreochromis niloticus Var. Chitralada alimentadas con dietas paletizadas o extruidas.* (Tesis de posgrado). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá Colombia. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/11053045.pdf>
- Aldi, F., Boscolo, W., Signor, A., y Signor, A. (2006). Energia digestível para alevinos de tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Zootecnia. 35 (3), 629-633. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v35n3/30050.pdf>
- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia. Bogotá, Colombia: AUNAP, FAO. Recuperado de <http://aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf>
- Baeza, E., Domingues, P., García, S., Garrido, D., Guerra, J. (2010). Use of Amphipods as alternative prey to culture cuttlefish (*Sepia officinalis*) hatchlings. Aquaculture, 300 (1-4), 243–246. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.12.029
- Baeza, E., Guerra, J., y Hachero, I. (2014). Nutritional analysis of Freshwater and marine amphipods from the Strait of Gibraltar and Potential Aquaculture applications. Journal of Sea Research, Vol. 85, 29-36. doi: 10.1016/j.seares.2013.09.007
- Bañes, A., Laron, M., y Corazon, S. (1981). Dietary crude protein requirement of Tilapia nilotica fry. Journal Aquaculture Department Quarterly Research Report, 5 (3), 9-13
- Bengtson, D. A. (1993). A comprehensive program for the evaluation of artificial diets. Journal of the World Aquaculture Society, 24(2), 285–293. doi:10.1111/j.1749-7345.1993.tb00017.x
- Castaño, F., Botero, J., Logato, P., Prieto, M., y Sierra, M. (2006). Alimento vivo en Larvicultura de peces marinos copépodos y mesocosmos. Revista MVZ. 11(1), 30-36. Recuperado de <http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/revistamvz/article/view/1042/1275>

- Carrascal, J. (2011). *Evaluación de la etapa de levante de la carpa común (Cyprinus carpio) en sistemas cerrados de recirculación de agua*. (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/977>
- Cestarolli, M.A., y Portella, M.C. (1994). Larvicultura de peixes: uma abordagem em escala piloto. *Comunicação da Pesquisa Agropecuaria Journal*, 12 (2), 28-29.
- Cyrino, J., Martino, R., Portz, L., y Trugo, L. (2002). Effect of dietary lipid level on Nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma coruscans*. *Aquaculture*, 209 (1-4), 209-218. doi:10.1016/S0044-8486(01)00738-4
- Díaz, G., Pardo, S., y Restrepo, T. (2012). Peces dulceacuícolas como alimento funcional, perfil de ácidos grasos en Tilapia y Bocachico criados en policultivo. *Revista de Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10 (2), 44-53. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a06.pdf>
- Dinero (2018). Se Disparan las Exportaciones de Tilapia Colombiana en 2018. Recuperado de <https://www.dinero.com/economia/articulo/exportaciones-de-tilapia-colombiana-en-2018/260489>
- Empresa de Alimentos Concentrados (s.f). Mojarra. Colombia: ITALCOL. Recuperado de <http://www.italcol.com/acuicultura/mojarra/#1493066564597-caaa4c73-c206>
- Fogg, G., y Thake, Brenda. (1975). *Algal cultures and phytoplankton ecology*. United States: University of Wisconsin Press
- Fu, J., Hou, Z., y Li, S. (2007). A molecular phylogeny of the genus Gammarus (Crustacea: Amphipoda) based on mitochondrial and nuclear gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 45(2), 596–611. doi: 10.1016/j.ympev.2007.06.006
- Gamsiz, K., Hadas, E., Kolkovski, S., Koven, W., y Tandler, A. (2001). Advances in the development of microdiets for gilthead seabream, *Sparus aurata* (review). *Aquaculture*, 194 (1-2), 107-121. doi: 10.1016/s0044-8486(00)00501-9
- Graboswski, M., Poeckl, M., Schiemer, F., y Zamanpore, M. (2011). Taxonomic review of Freshwater Gammarus Crustacea Amphipoda from Irán. *Revista Zootaxa*, 3140 (1), 1-14. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Michal_Grabowski/publication/216533549_Taxonomic_review_of_freshwater_Gammarus_Crustacea_Amphipoda_from_Iran/links/02e7e529b1c0e17d02000000.pdf

- Hachero, I., y Jiménez, P. (2015). Importancia de los anfípodos en la dieta de especies de interés acuícola del litoral Andaluz. *Revista Zoológica Baetica*, V (26), 3-29. Recuperado de http://www.ugr.es/~zool_bae/vol26/v26a1.pdf
- Hirata, H., Hirata, I., y Ushiro, M. (1982). Ecological succession of *Chlorella saccharophila*, *Brachionus plicatilis*, and autogenous bacteria in culture water. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Kagoshima University Journal*, V. 31, 153-160. Recuperado de https://ir.kagoshima-u.ac.jp/?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=21&item_id=7816&item_no=1
- Hsien, S., y Quintanilla, M (2008). Manual sobre reproducción y cultivo de la Tilapia. El Salvador: CENDEPESCA. Recuperado de <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download>
- Hurtado, V., y Torres, D. (2012). Nile tilapia *Oreochromis niloticus* nutritional requirements. *Orinoquia*, 16(1), 63-68. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v16n1/v16n1a07.pdf>
- Jiménez, R., y Molina, K. (2010). La Tilapia como sistema de producción para la economía campesina. (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5220/T12.10%20M733t.pdf?s>
- Karaman, G., y Pinkster, S. (1977). Freshwater Gammarus species from Europe, North Africa and adjacent regions of Asia (Crustacea-Amphipoda). Yugoslavia: Commissie voor de artis bibliotheek
- Lam, T., y Walford, J. (1993). Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. *Aquaculture*, 109 (2), 187-205. doi: 10.1016/0044-8486(93)90215-k
- Lavens, P., y Sorgeloos, P. (1998). Present status and prospects of the use *Artemia* cysts and biomass in shrimp farming. *Anais do Aquicultura Brasil Journal*, Vol 98, 147-162.
- Lazo, J. (2000). Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos. *Avances de Nutrición Acuícola*. V Simposio Internacional de Nutrición Acuicola. Mérida, Yucatán, México. 19-22. Recuperado de http://universidad.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/V/archivos/lazo.pdf
- Lubyanov, I., y Zubchenko, I. (1970). Fundamental aspects of the feeding of the amphipod *Gammarus* (R.) *balcanicus* (Crustacea: Amphipoda) *Freshwater Biological Association*, translation (New Series). *Journal Nauchnye Doklady vysshei Shkoly*, 7 (86), 99-122. Recuperado de http://aquaticcommons.org/4870/1/86_1970_luby_fund.pdf
- MacDonald, P., y Pitcher, T. (1973). Two models for seasonal growth in fishes. *Journal of Applied Ecology*. V.10 (2). 599-606. doi: 10.2307/2402304

- Ministerio de Agricultura y Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas (2019). Acuicultura: MINAGRICULTURA, SIOC. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Pages/default.aspx>
- Muñoz, C. (2015). *Evaluación de la adaptación y el crecimiento del camarón de agua dulce Gammarus lacustris en el Municipio de Málaga Santander*. (Tesis de Pregrado). Universidad Industrial de Santander. Málaga, Colombia. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2015/163585.pdf>
- Noya, N (2014). Biología manifestaciones de los seres vivos. México: UAEH. Recuperado de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa1/2014-2/biologia/manifestaciones_de_los_seres_vivos.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura, contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1989). Importancia nutricional del alimento vivo. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab473s/AB473S01.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f). Nutrición y alimentación de peces y camarones. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S12.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f). Tercera parte alimentación. Roma. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S17.htm>
- Prieto, C., y Olivera, M. (2002). Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia roja *Oreochromis sp*. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 15 (1), 115-120. Recuperado de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/handle/10495/7292>
- Rojano, E. (2012). Crustáceos anfípodos, una alternativa al alimento vivo usado tradicionalmente en acuicultura. Revista Chronica naturae. Vol. 2, 64-72. Recuperado de http://hombreyterritorio.org/chronica_naturae/num2/archivos/chronicanaturae2_64_2012.pdf
- Ruiz, A., y Troncoso, A. (2015). Efecto de la suplementación con alimento vivo en el desempeño productivo del pez disco (*Symphysodon aequifaciatus*). (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá. Colombia. Recuperado de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17133/T11.12%20O6d.pdf?sequence=1>
- Ruyet, J.P. (1989). Early weaning of marine fish larvae ontomicrodiets, constraints and perspectives. Tahití: AQUACOP IFREMER. Recuperado de <https://archimer.ifremer.fr/doc/1989/acte-1422.pdf>

- Sutcliffe, D (2010). Reproduction in *Gammarus* (CRUSTACEA, AMPHIPODA) basic processes. Freshwater Biological Association, 2 (2), 102-128. Recuperado de <http://aquaticcommons.org/4533/1/DWSutcliffe.pdf>
- Tacon, A., y Torrentera, L (s.f). La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura una diagnosis. Roma. Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab473s/AB473S00.htm>
- Tavares, L., y Rocha, O. (2003). Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos, Brasil: RiMa
- Watanabe, T. (1978). Nutritive value of plankton for fish larvae in the view point of lipids. Fish Science Journal, V. 22, 93-111.