



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

ALIMENTACIÓN Y CRECIMIENTO DE
Oreochromis niloticus EN CONDICIONES
DE LABORATORIO

TESIS COMO ALTERNATIVA DE TITULACIÓN DE
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN VII Y VIII

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

ILSE DENEZ PÉREZ CASTAÑEDA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

Realizada con el apoyo del proyecto PAPIME PE208816



Ciudad de México

Marzo 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Esta tesis fue realizada con el apoyo de la Dirección General de Asuntos de Personal Académico (DGAPA), Proyecto PAPIME PE208816

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México así como a la Escuela Nacional Preparatoria No. 1 “Gabino Barreda” por permitirme aprender de la vida, durante estos años, por aceptarme y brindarme su cobijo.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme la oportunidad de aprender, no solo en el ámbito académico, sino también a nivel personal, además de darme la oportunidad de conocer en ella, a las personas más increíbles, que han logrado marcar mi vida.

Al proyecto DGAPA-PAPIME PE208816, titulado Realidad en una comunidad virtual. Aplicaciones en el proceso enseñanza-aprendizaje de la ecología estadística y la sustentabilidad en zonas urbanas, por el apoyo recibido para la realización de esta tesis.

Al Dr. José Luis Gómez Márquez por representar uno de los retos más grandes que pude enfrentar académicamente hasta el momento, por su apoyo incondicional y su paciencia.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por permitirme terminar mi formación bajo su tutela, y por todo el apoyo brindado a lo largo de la realización de este trabajo.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago por brindarme uno de los mejores consejos que me han permitido llegar hasta este punto de mi vida. Así como por brindarme su apoyo y amistad en la realización de este trabajo y por las bromas que no podía captar. Gracias profe, gracias por enseñarme que las cosas no son tan difíciles como uno las ve.

Al M. en C. Armando Cervantes Sandoval por todo el apoyo brindado para la realización de este proyecto y por enseñarme que las matemáticas no son solo números, sino que son números que nos ayudan a entender la manera en la que se comporta el mundo, de una manera comprobable y replicable. Gracias

A la Dra. Patricia Rivera García, por todos los jalones de orejas, regaños y apoyo brindado durante toda la carrera, por saber siempre que decir y motivar me día a día a pesar de todo. Sin usted llegar hasta este punto no hubiese podido ser igual, mi agradecimiento, admiración y cariño hacia usted es inefable.

A mi padre, José Víctor Pérez Castañeda por todo a pesar de todo.

A mi madre, Martha Fabiola Castañeda Rodríguez, porque a pesar de todo siempre ha estado conmigo, por su paciencia y comprensión, por ser siempre un motivo por el cual seguir adelante y a mi hermano Rodrigo Daniel Pérez Castañeda.

A Ian porque a pesar de las inclemencias hemos logrado salir adelante, y llegar juntos hasta este momento, aunque probablemente se te haya olvidado la hora de mi examen, Aline por ser el ejemplo más claro de que por más difícil que sea la situación es importante darle una sonrisa a las cosas, y porque uno tiene que hacer lo que en verdad le gusta. A Mario y Toño por ser un claro ejemplo de que lo que importa son las veces que sales del pozo y sigues adelante, a Danny por hacer tanto los momentos buenos y malos divertidos, por ayudarme a ver las cosas objetivamente siempre que lo necesite y que si la vida te está llevando pues que te lleven de la mejor forma posible. Alejandro y Diana, no existen palabras para poder expresar les toda la alegría, enseñanzas y apoyo que me han brindado durante todo este tiempo juntos. A todos y cada uno de ustedes los amo, son increíbles, he atesorado cada momento con ustedes.

A May y Jake, por ayudarme en mis pininos dentro de la Limnología y a Danny, Fabiola, Adriana, Rodrigo, por hacer de la parte final de mi formación académica de las mejores.

A Alejandro por estar ahí en cada paso durante esta etapa, por la paciencia, el cariño y el tiempo que me has dedicado.

Al maestro Vicente Gatica, por su apoyo en una de las partes más difíciles durante esta etapa, por siempre impulsar me a enfrentar me a mí misma, usted ha sido clave para lograr llegar a este momento. Mil gracias.

Al Universum, Museo de las ciencias de la UNAM por aceptarme para formar parte de su equipo y a Luisa Nivón por permitirme vivir este proceso de transición bajo su cargo y por la oportunidad de enfrentar uno de los miedos más grandes en la sala de Agua, así como a mis compañeros de sala.

A mi familia por el apoyo de manera directa o indirecta.

A mí, por ser tan terca y lograr llegar hasta este punto en mi vida.

“Sabe que los libros, más que ofrecer respuestas,
son la gran herramienta que te permite hacer preguntas.
Y las preguntas sirven a veces más que las respuestas”

Cómplices, Benito Taibo

- Dígame una última cosa- pidió Harry-. ¿Esto es real?
¿O está pasando solo dentro de mi cabeza?
-Claro que está pasando dentro de tu cabeza, Harry, pero
¿por qué iba a significar eso que no es real?

Harry Potter y las reliquias de la muerte. JK. Rowling

“Nunca se sabe, espera lo mejor y adáptate a lo que tienes”
Nick Fury. Avengers era de Ultrón

INDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	3
Marco Teórico.....	5
1.- Crecimiento en peces.....	5
2.- Nutrición en peces.....	5
2.1.- Elementos básicos de la nutrición.....	6
2.1.1.- Proteínas.....	6
2.1.2.- Lípidos.....	6
2.1.3.- Carbohidratos.....	9
2.1.4.- Vitaminas y minerales.....	10
3.- Diagnósis de la especie.....	11
Antecedentes.....	14
Objetivos.....	20
Hipótesis.....	20
Justificación.....	21
Zona de estudio.....	22
Material y Método.....	23
1.- Calidad del alimento.....	25
2.- Relación eso-longitud total.....	26
3.- Indicadores de crecimiento.....	26
4.- Factor de condición.....	28
5.- Análisis estadístico.....	28
Resultados.....	29
1.- Parámetros físicos y químicos.....	30
2.- Alimento.....	32
2.1.- Prueba de flotabilidad y aglutinamiento.....	32

2.2.- Análisis proximal.....	33
3.- Supervivencia.....	33
4.- Indicadores de crecimiento y Factores físicos y químicos.....	34
4.1.- Tetraperez.....	34
4.2.- Alimento elaborado.....	39
4.3 El Pedregal.....	43
5.- Comportamiento de crecimiento en talla y en peso del cultivo.....	49
6.- Relación Peso-Longitud total.....	53
7.- Promedio de crecimiento y ganancia en peso.....	57
8.- Correlaciones.....	60
Discusión.....	61
Conclusiones.....	70
Referencias.....	71

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Estructura química de los principales ácidos grasos monoinsaturado y poliinsaturados (omegas 3, 6 y 9).
- Figura 2.** Ubicación de la zona de estudio.
- Figura 3.** Ejemplares de *Oreochromis niloticus* adaptados en condiciones de laboratorio
- Figura 4.** Parámetros físicos y químicos para las dietas Tetraperez 1 y Tetraperez 1.1
- Figura 5.** Parámetros físicos y químicos para las dietas de alimento elaborado 2 y Alimento elaborado 2.1
- Figura 6.** Parámetros físicos y químicos para las dietas de El Pedregal 2 y El Pedregal 2.1
- Figura 7.** Fabricación del alimento propuesto con 34 % de proteína vegetal y animal
- Figura 8.** Tasas de crecimiento específica para T1 y t1.1
- Figura 9.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para el Tratamiento 1
- Figura 10.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para el T1.1
- Figura 11.** TCE de Lt y temperatura de la dieta 1
- Figura 12.** TCE de Lt y temperatura de la dieta 1.1
- Figura 13.** % de Ganancia en peso (%GP)
- Figura 14.** Factor de Condición para ambos tratamientos (K)
- Figura 15.** Relación entre la temperatura, oxígeno disuelto el FCA y K para el tratamiento 1
- Figura 16.** Factores físicos y químicos vs. FCA y K para el T1.1
- Figura 17.** Tasas de crecimiento específico para Alimento elaborado 2 y 2.1.
- Figura 18.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para el Tratamiento 2.
- Figura 19.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para el HV2.1.
- Figura 20.** % de Ganancia en peso (%GP)
- Figura 21.** TCE de Lt y temperatura para HV2
- Figura 22.** TCE de Lt y temperatura para HV2.1
- Figura 23.** Factor de Conversión Alimenticia (K)
- Figura 24.** Factores físico-químicos VS FCA y K para el HV2
- Figura 25.** Factores físico-químicos VS FCA y K para el HV2.1
- Figura 26.** Tasas de crecimiento específico en peso para T3
- Figura 27.** Tasas de crecimiento específico en peso para T3.1
- Figura 28.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para P3
- Figura 29.** Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para P3.1

- Figura 30.** % de Ganancia en peso (%GP)
- Figura 31.** TCE de Lt y temperatura para el P3
- Figura 32.** Variación de la TCE en talla y temperatura para P3.1
- Figura 33.** Factor de Condición (K) para P3
- Figura 34.** Factor de Condición (K) para P3.1
- Figura 35.** Factores físico-químicos VS FCA y K para el tratamiento 3
- Figura 36.** Factores físico-químicos VS FCA y K para P3.1
- Figura 37.** Comparación del crecimiento entre tratamientos del alimento T1 y T1.1
- Figura 38.** Comparación del crecimiento entre el alimento elaborado
- Figura 39.** Comparación del crecimiento en talla para el alimento
El pedregal y su repetición
- Figura 40.** Comparación de la ganancia en peso entre T1 y T1.
- Figura 41.** Comparación de la ganancia en peso entre HV2 y HV2.1
- Figura 42.** Comparación de la ganancia en peso entre dietas de El Pedregal.
- Figura 43.** Relación peso longitud para T1
- Figura 44.** Relación peso longitud para T1.1
- Figura 45.** Relación peso longitud para HV2
- Figura 46.** Relación peso longitud para HV2.1
- Figura 47.** Relación peso longitud para P3
- Figura 48.** Relación peso longitud para P3.1
- Figura 49.** Promedio \pm error estándar para la biometría del T1
- Figura 50.** Promedio \pm error estándar para la biometría del T1.1
- Figura 51.** Promedio \pm error estándar para la biometría de HV2
- Figura 52.** Promedio \pm error estándar para la biometría de HV2.1
- Figura 53.** Promedio \pm error estándar para la biometría de P3
- Figura 54.** Promedio \pm error estándar para la biometría del P3.1

RESUMEN

En la actualidad, el estudio de la nutrición en la acuicultura es un tema de gran importancia para el éxito de la producción animal, por lo que se ha planteado diseñar alimentos formulados con base en el conocimiento nutricional a nivel bioquímico y fisiológico de las especies a producir.

El principal objetivo de la producción piscícola es el aumento del peso de los peces en el menor tiempo posible y en condiciones económicamente ventajosas. Esto se ha buscado a través de diferentes dietas, modificando los porcentajes de los elementos base de la nutrición (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales), o formulando nuevas dietas con nuevos ingredientes que puedan proporcionarles a los peces los nutrientes necesarios para su crecimiento.

Por ello en este estudio se comparó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* (*O. niloticus*) administrando 3 dietas con diferentes niveles de proteína, dos de ellas a base de alimentos comerciales (27 y 45% respectivamente) y otra más utilizando ingredientes alternativos (34%), posterior a su manufactura, le fue realizado un análisis bromatológico para cuantificar la cantidad de proteínas y carbohidratos presentes en ella. Además, se evaluó la tasa de desarrollo de los ejemplares utilizando indicadores de crecimiento.

Se utilizaron 60 organismos distribuidos en 6 peceras de 30 litros, con 10 organismos por pecera, los cuales se seleccionaron al azar. Los organismos para cada tratamiento se dividieron en 3 tallas diferentes, la primera abarcando un intervalo de 2.0 a 5.0 cm como mínimo y máximo, el segundo tratamiento abarca el intervalo de 5.1 a 9.0 cm, finalmente el tercer tratamiento abarca de 9.1 a 14 cm, cada uno tomando en cuenta la longitud total de los peces.

Los peces fueron alimentados 2 veces al día por 6 días a la semana, durante 6 meses. La cantidad de alimento administrada se basó en el 6% de la biomasa de cada una de las peceras. Cada mes se realizó la biometría de los organismos tomando la longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), Altura (Alt) y Peso (P); conforme se modificaba el número de peces por acuario, se ajustaban los gramos a administrar manteniendo el 6% diario. Las pruebas de la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH fueron realizadas dos veces por semana, mientras que la dureza y alcalinidad se realizaron cada 15 días.

Los resultados muestran que el crecimiento para *O. niloticus* fue alométrico negativo en casi todos los tratamientos (mayor crecimiento en talla que en peso) teniendo en cuenta los valores del factor de condición, los cuales se mantuvieron por encima de la unidad reflejando un buen desarrollo de los peces a lo largo del experimento, los parámetros evaluados sobre la calidad del

agua tampoco mostraron alguna interferencia sobre el desarrollo de los ejemplares, para el caso de la dieta con mayor porcentaje de proteína (45%) el crecimiento de los ejemplares fue mayor comparado con los otros tratamientos, sin embargo, el uso de ingredientes alternativos como lo son las proteínas vegetales, permiten un desarrollo considerable y a su vez, evitan la deposición de nutrientes a las aguas, disminuyendo los procesos de eutrofización en los cuerpos acuáticos donde se llevan a cabo estas prácticas.

Es necesario administrar la cantidad adecuada de proteína acorde a las necesidades de cada ejemplar y de su etapa de desarrollo, por lo que dietas que contengan entre un 34 y 45% de proteínas son adecuadas para el buen desarrollo de los organismos.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una fuente importante de producción de alimento para satisfacer la creciente demanda mundial de la población. En muchas partes del mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, se están realizando proyectos de acuicultura (Hepher, 1993). El cultivo de organismos acuáticos puede ser una contribución importante para la nutrición, en virtud de su gran productividad, y de que las cosechas que se realizan son principalmente de proteínas, lo que hace de la acuicultura una alternativa alimenticia, debido a que la cantidad de alimentos obtenidos por la agricultura y ganadería es insuficiente para satisfacer a la población humana (Arredondo, 1993).

En esta área los estudios sobre la nutrición de organismos acuáticos son de gran importancia para el éxito de la producción animal, lo que ha orientado a diseñar alimentos formulados con base en el conocimiento nutricional a nivel bioquímico y fisiológico de las especies a producir (Vega-Villasante *et al.*, 1995; Villareal, 2002; Díaz, 2015).

Uno de los procesos fisiológicos con mayor estudio en relación a la nutrición de los peces ha sido el crecimiento. La eficiencia parcial del aprovechamiento del alimento para crecimiento, depende de muchos factores como la composición de la dieta y su compatibilidad, los cuales junto con los requerimientos nutricionales constituyen uno de los principales elementos a evaluar. Cuando la dieta es deficiente en cualquier nutrimento esencial para el crecimiento, como un aminoácido, un ácido graso, una vitamina o un mineral esencial, se requiere una mayor cantidad de alimento para satisfacer la necesidad de este elemento deficiente y la eficiencia del aprovechamiento del alimento disminuye (Hepher, 1993).

El principal objetivo de la producción piscícola es el aumento del peso de los peces en el menor tiempo posible y en condiciones económicamente ventajosas. Para lograr esta meta se deben cubrir satisfactoriamente todas las necesidades metabólicas del organismo (Steffens, 1987). Esto se ha está buscando a través de varios años en la acuicultura al probar diferentes dietas, modificando los porcentajes de los elementos de la nutrición (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales), o probando nuevas dietas con ingredientes nuevos que puedan proporcionarle a los peces los nutrientes necesarios para su crecimiento, ya sea utilizando estos ingredientes que proporcionen una mayor eficiencia en el crecimiento de los organismos o que sean eficientes y sus costos sean más económicos y de mayor accesibilidad (Guillaume *et al.*, 2003).

De acuerdo a Hepher (1988) los tres componentes básicos que están involucrados en la alimentación y nutrición de los organismos acuáticos en estanques son: requerimientos específicos de alimentos, alimento natural disponible y alimentación suplementaria (raciones artificiales).

La producción de peces por unidad de área o en el cultivo así como sus rendimientos económicos depende en gran parte de la cantidad y la calidad del alimento suplementario usado y de la eficiencia con que éste sea suministrado. Sin embargo, toda esta información no será suficiente para lograr metas de producción si no se diseñan dietas adecuadas a cada sistema de cultivo (extensivo, intensivo semintensivos) y se aplican estrategias de alimentación apropiadas. (Vázquez-Torres, 2004)

En el cultivo intensivo es necesario alimentar con dietas balanceadas que suministren la calidad y cantidad de nutrientes esenciales para los peces, los cuales crecen casi 5 veces más que aquellos que sólo reciben alimentación natural mediante fertilización (Toledo-Pérez y García-Capote, 2000).

Una nutrición adecuada es crítica no sólo para alcanzar niveles óptimos de crecimiento de los peces, sino también para mantener la salud de los mismos y por muchos años, el estudio de la nutrición de peces se enfocó en determinar los requerimientos nutricionales mínimos de diferentes especies de cultivo, lo cual ha generado bastante información a nivel mundial (Gatlin *et al.*, 2007).

MARCO TEÓRICO

1.- Crecimiento en peces

Entre los factores más importantes que hay que considerar en el desarrollo de proyectos productivos de acuicultura son definir la especie o especies a cultivar, el tamaño del mercado, la talla comercial, la producción pesquera de la especie o especies que puedan competir en los mercados con las cultivadas. Los productos similares, la temperatura óptima del crecimiento y reproducción las facilidades de infraestructura, la calidad del agua, el alimento y su disponibilidad, así como los limitantes en el manejo y la transportación de organismos e insumos básicos de la producción también deben ser tomados en cuenta para desarrollar un cultivo productivo (Arredondo y Lozano, 2003).

El crecimiento es una característica de desarrollo de los animales pluricelulares que traduce el aumento de tamaño físico del organismo (Álvarez-Díaz, 2012).

La caracterización del crecimiento en los peces se ha realizado a través de medidas de peso y longitud y de la relación peso-longitud, mediante el coeficiente de alometría, para lo cual se han utilizado modelos no lineales. La estimación de los coeficientes de alometría permite evaluar la relación entre la evolución de la longitud y el peso en los peces, lo que deja precisar el tipo de crecimiento, factor importante que se puede utilizar como un índice práctico para evaluar la condición de los peces, la cual depende de varios factores tales como la disponibilidad de alimento, estado de salud de los peces, sexo, desarrollo de gónadas y periodo de desoves. Sin embargo, esta relación peso-longitud, también permite hacer comparaciones morfométricas entre y dentro de las poblaciones, así como evaluar la biomasa y la dinámica de las poblaciones utilizadas en pesquerías (Delgadillo-Calvillo *et al.*, 2012).

2.- Nutrición en peces

La nutrición es la ingesta de alimentos en relación con las necesidades dietéticas del organismo. Una buena nutrición (una dieta suficiente y equilibrada combinada con el ejercicio físico regular) es un elemento fundamental de la buena salud. Una mala nutrición puede reducir la inmunidad, aumentar la vulnerabilidad a las enfermedades, alterar el desarrollo físico y mental y reducir la productividad (OMS, 2016).

Guillaume *et al.* (2003), mencionan que la nutrición es una rama de la fisiología que estudia el conjunto de procesos requeridos para proporcionar al organismo la energía y los nutrientes necesarios para los procesos vitales. Por otra parte, mencionan que la alimentación, es empleada

como la aplicación de la nutrición en la producción animal y especialmente en todo lo referido a la estimación de las raciones y su distribución.

Para poder aplicar cualquiera de las definiciones anteriores de nutrición es necesario tener elementos que permiten comparar si es que se está llevando una nutrición buena o mala, o si las raciones y la manera en que se esté distribuyendo es apropiada. Antes de mencionar cuales son estos elementos es necesario saber que es un nutriente y de acuerdo a Guillaume *et al.* (2003), es el intermediario entre el alimento y el metabolismo.

2.1.- Elementos básicos de la nutrición

2.1.1.- Proteínas

Los elementos básicos de la nutrición que se utilizan son las proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Díaz, 2015). Las proteínas son las moléculas orgánicas más abundantes en las células, constituyendo el 50% o más de su peso seco. Se encuentran en todas las partes de cada célula ya que son fundamentales en todos los aspectos de la estructura y función celulares. Existen muchas clases de proteínas, cada una de ellas especializadas en una función biológica diferente (Lehninger, 2003; Díaz, 2015).

Todos las proteínas contienen carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, mientras que casi todas contienen azufre, existen otras que contienen algunos elementos adicionales como fósforo, hierro, zinc y cobre. Las proteínas tiene diferentes funciones y pueden ser enzimáticas, de reserva, transportadoras, contráctiles, hormona, toxinas y protectoras de la sangre (Lehninger, 2003)

En los peces la nutrición proteica constituye sin lugar a dudas el campo mejor estudiado de la nutrición. Desde las primeras tentativas de utilización de piensos (alimentos balanceados) en piscicultura, se ha hechos un gran esfuerzo por definir el nivel óptimo de proteínas. En peces al igual que en vertebrados terrestres, las proteínas corporales no tienen un carácter estático (Guillaume *et al.*, 2003).

Para la producción de dietas, un factor de referencia en el alimento a emplear es el porcentaje de proteína, encontrándose en el mercado alimento desde 25% hasta 53% de contenido proteico y esto se aplica según el peso o etapa de los organismos.

2.1.2.- Lípidos

En cuanto los lípidos, los más importantes en nutrición animal son los triacilgliceroles o triglicéridos y los fosfolípidos, su aporte en la nutrición de peces al igual que en la de mamíferos es fundamentalmente para satisfacer los requerimientos de ácidos grasos esenciales y ácidos

grasos no sintetizables por el organismo y necesarios para el metabolismo celular (Guillaume *et al.*, 2003).

Los lípidos son un grupo de sustancias encontradas tanto en tejidos vegetales como animales, se pueden utilizar como energía, además:

1. Su uso cuidadoso en dietas para engorda puede representar un ahorro en referente a la utilización de la proteína.
2. Al ser empleados como ligantes sirven como constituyentes dietéticos esenciales para la elaboración de dietas estables en el agua.
3. Ciertas fuentes de carbohidratos sirven como constituyentes dietéticos que aumentan la textura del alimento (Hernández-Valencia, 2014).

Algunos lípidos se asocian con proteínas específicas para formar las lipoproteínas, las cuales son partículas formadas por una fracción proteica denominada apolipoproteínas (APO) y una fracción lipídica, cuya función es la de solubilizar y transportar lípidos en el plasma. Se clasifican como Quilomicrones (Q) que sólo se encuentran en el plasma normal después de una comida grasa. Lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, del inglés very low density lipoproteins). Lipoproteínas de densidad intermedia (IDL, intermediate density lipoproteins). Lipoproteínas de baja densidad (LDL, low density lipoproteins). Lipoproteína (a) o Lp(a) o “sinking Pre-beta” Lipoproteínas de alta densidad (HDL, high density lipoproteins) (Vázquez-Contreras, 2003).

Las LDL transportan desde el hígado hasta los tejidos la mayor parte del colesterol, tanto el fabricado por el propio hígado (endógeno) como el obtenido en la alimentación (exógeno), además transportan gran parte de los triglicéridos y fosfolípidos. Los LDL se fijan a receptores de las membranas de las células y así se incorporan dentro de la célula por endocitosis. Una vez dentro los LDL se destruyen dejando dentro el colesterol y los demás lípidos. HDL Transportan el colesterol sobrante hasta el hígado para que sea degradado y después excretado a través de la bilis (Murray *et al.*, 2010).

Cerca del 90% de las grasas presentes en nuestra alimentación son triglicéridos, compuestos por ácidos grasos y glicerol. Los ácidos grasos están formados por una cadena de átomos de carbono, con un grupo metilo en un extremo y un grupo ácido en el otro. Cada átomo de carbono tiene un cierto número de átomos de hidrógeno unido a él. El número exacto de átomos de hidrógeno por cada uno de carbono depende de si la grasa es saturada o insaturada. Los ácidos grasos saturados contienen la máxima cantidad de átomos de hidrógeno posible, mientras que en los ácidos grasos insaturados los átomos de hidrógeno han sido sustituidos por enlaces dobles entre los átomos de carbono (European Food Information Council, 2008).

Los ácidos grasos omega-3: α -linolénico, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) y omega-6: linóleo y araquidónico (Fig. 1) pueden formar parte de los triacilgliceroles que se consumen a través de la dieta. Sin embargo, si no se ingieren (EPA y DHA) pueden sintetizarse a través de reacciones bioquímicas ya conocidas. Los ácidos omega-3 y omega-6 forman parte de las membranas de la célula y por eso influyen en su permeabilidad. El DHA contribuye en la función sináptica, su bajo contenido en las membranas de las neuronas, propicia descenso de la transmisión de impulsos nerviosos. Usando modelos animales se ha podido demostrar que la ausencia de ácidos omega-3 está asociada a procesos inflamatorios diversos (Coronado-Herrera *et al.*, 2006).

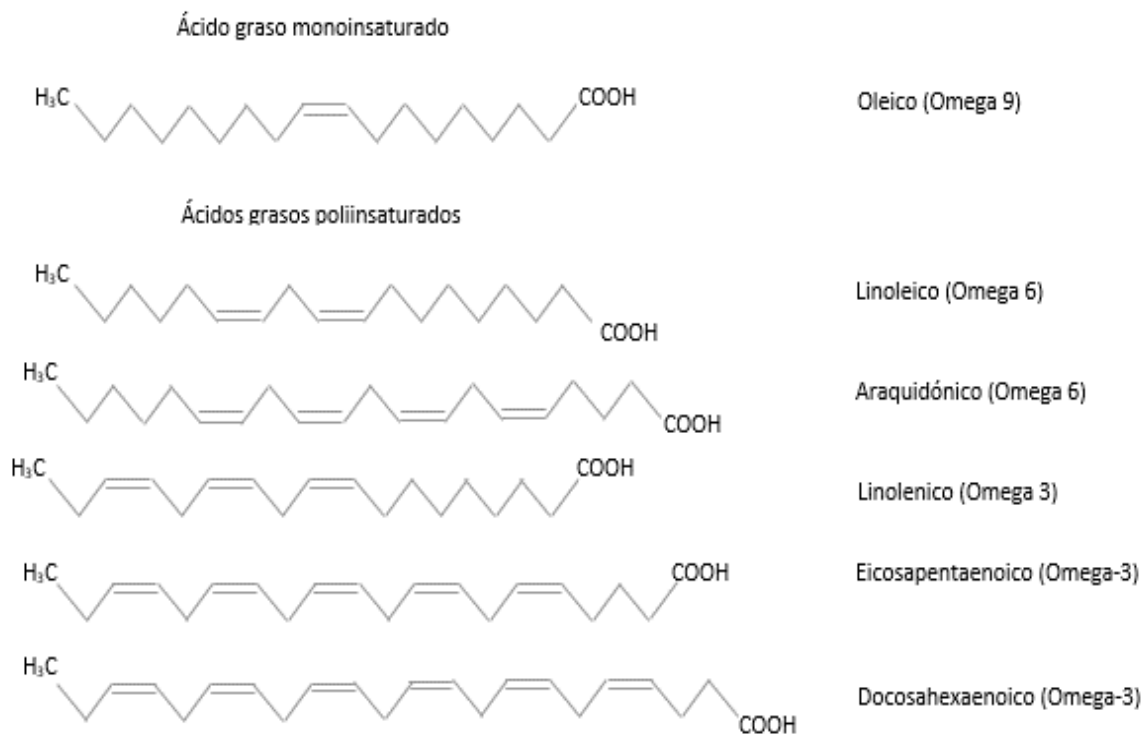


Figura 1. Estructura química de los principales ácidos grasos monoinsaturado y poliinsaturados (omegas 3, 6 y 9) (Tomada de http://www.facmed.unam.mx/bmnd/publicaciones/ampb/numeros/2006/03/e_AcidosGrasos.pdf)

Las grasas monoinsaturadas son las que tienen un doble enlace y las poliinsaturadas las que tienen dos o más dobles enlaces. Los ácidos grasos omega-3 y omega-6 son grasas poliinsaturadas (Fig. 1), pero su diferencia radica en el lugar donde ocurre el primer doble enlace. En los ácidos grasos omega-3, el primer enlace doble aparece en el tercer átomo de carbono, mientras que en los omega-6 el primer doble enlace se da en el sexto átomo de carbono, contando desde el extremo metilo (denominado omega) (European Food Information Council, 2008).

Además, los lípidos también sirven como vectores de vitaminas liposolubles y pigmentos carotenoides en el momento de la absorción intestinal; juegan un papel fundamental en el

suministro de energía, función muy importante en los peces ya que la mayoría de estos digieren mal los glúcidos complejos. Actualmente se conocen las principales etapas del metabolismo de los lípidos de los peces y este, presenta grandes similitudes con el de los mamíferos. Sin embargo, la nutrición lipídica de los peces difiere en que, en el medio acuático hay una gran riqueza de ácidos grasos poliinsaturados. Las dietas deficientes en ácidos grasos esenciales producen un retardo del crecimiento y una disminución de la eficiencia alimentaria (Guillaume *et al.*, 2003).

2.1.3.- Carbohidratos

Después de las proteínas y lípidos, los carbohidratos representan el tercer grupo de compuestos orgánicos más abundantes en el cuerpo animal, los carbohidratos constituyen los nutrientes principales del tejido vegetal (Hernández-Valencia., 2014).

En los seres vivos las funciones de los carbohidratos se pueden generalizar en (Vázquez-Contreras, 2003):

a) Energéticas (glucógeno en animales y almidón en vegetales, bacterias y hongos): La glucosa es uno de los carbohidratos más sencillos comunes y abundantes; representa a la molécula combustible que satisface las demandas energéticas de la mayoría de los organismos.

b) De reserva: Los carbohidratos se almacenan en forma de almidón en los vegetales (gramíneas, leguminosas y tubérculos) y de glucógeno en los animales. Ambos polisacáridos pueden ser degradados a glucosa.

c) Compuestos estructurales (como la celulosa en vegetales, bacterias y hongos y la quitina en artrópodos). Los carbohidratos estructurales forman parte de las paredes celulares en los vegetales y les permiten soportar cambios en la presión osmótica entre los espacios intra y extracelulares. Esta, es una de las sustancias naturales más abundantes en el planeta

d) Precursores: Los carbohidratos son precursores de ciertos lípidos, proteínas y dos factores vitamínicos, el ácido ascórbico (vitamina C) y el inositol.

e) Señales de reconocimiento (como la matriz extracelular): Los carbohidratos intervienen en complejos procesos de reconocimiento celular, en la aglutinación, coagulación y reconocimiento de hormonas.

2.1.4.- Vitaminas y minerales

Las vitaminas son sustancias orgánicas complejas y esenciales que deben estar presentes en pequeñas cantidades, ya que son sintetizadas en el organismo o porque la cantidad sintetizada es insuficiente; no aportan energía y son utilizados como coenzimas (Hernández-Valencia, 2014). Estas se clasifican en dos grupos con base en la solubilidad

- a) Hidrosolubles: Se incluyen todas las del grupo B (tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido fólico, ácido pantoténico, ácido nicotínico y vitamina B₁₂), colina, inositol, ácido ascórbico y ácido para-aminobenzoico (APAB)
- b) Liposolubles: Vitaminas A, D, E y K (Hepher, 1993)

Las vitaminas del grupo B son necesarias en pequeñas cantidades, pero tiene importantes funciones en el metabolismo de los peces. Las otras vitaminas hidrosolubles, a excepción del APAB, suelen requerirse en mayores cantidades. Por otro lado, las vitaminas liposolubles A, E, y K son esenciales para los peces y se observan signos de deficiencia cuando están ausentes en la dieta (Hepher, 1993).

En total, se han descubierto que unas 15 vitaminas son esenciales para la mayoría de los peces. El nivel requerido se definió como la concentración que daba por resultado el máximo crecimiento, las máximas concentraciones hepáticas de las vitaminas probadas y ninguna anormalidad con respecto a los constituyentes sanguíneos y los diferentes tejidos (Hepher, 1993).

Como todos los demás animales los peces requieren minerales como factores esenciales para el metabolismo y el crecimiento (Hepher, 1993). Los minerales son un elemento o compuesto químico que se encuentra en la naturaleza, tienen una composición definida y una estructura atómica determinada, se forman mediante procesos naturales e inorgánicos (Díaz, 2015). Los elementos inorgánicos o minerales constituyen una cantidad relativamente pequeña de los tejidos del cuerpo.

Los peces requieren minerales traza en sus dietas aunque ellos pueden absorber varios elementos minerales del agua circundante para reunir parte de sus requisitos metabólicos. Dieciséis minerales traza (aluminio, arsénico, cobalto, cobre, flúor, iodo, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, selenio, sílice, estaño y vanadio) se han mostrado como esenciales en una o más especies de animales (Davis y Gatlin, 1996)

Sin embargo, no todos los minerales traza, esenciales para los animales de sangre caliente, se han encontrado ser esenciales en dietas para los peces. Las funciones fisiológicas de los minerales traza para los humanos y algunos animales terrestres están bien definidas, pero esta información para peces no ha sido bien establecida (Lim y Klesius, 2000).

Los peces son capaces de absorber parte de los minerales requeridos directamente del agua a través de las branquias o incluso a través de toda la superficie corporal. Este grado de absorción varía entre las especies de peces y con las variaciones de ciertos factores ambientales, como concentración de minerales, temperatura, pH del agua, etcétera. Esto hace difícil determinar el requerimiento global de minerales en los peces y la cantidad que debe de aportarse complementariamente en el alimento. Sin embargo, parece ser que los minerales absorbidos no satisfacen el requerimiento total (Hepher, 1993)

Los elementos necesarios para el metabolismo de los peces se clasifican en tres grupos:

1. Estructurales: Ca, P, F y Mg, son importantes en la formación de los huesos; Na y Cl son los principales electrolitos del plasma sanguíneo y el líquido extracelular, mientras que S, K, y P son los principales electrolitos del líquido intracelular.
2. Respiratorios: Fe, Cu son importantes en la hemoglobina.
3. Metabólicos: Algunos de los antes mencionados, suelen requerirse en muchas menores cantidades que para las dos funciones anteriores, y algunos solo en cantidades vestigiales.

Los aminoácidos son moléculas orgánicas que contienen un grupo amino (NH_2) en uno de los extremos de la molécula y un grupo ácido carboxílico (COOH) en el otro extremo. Los aminoácidos son las unidades que forman a las proteínas; sin embargo, tanto estos como sus derivados participan en funciones celulares tan diversas como la transmisión nerviosa y la biosíntesis de porfirinas, purinas, pirimidinas y urea. Los polímeros cortos de aminoácidos (péptidos) tienen funciones importantes en el sistema neuroendocrino como hormonas, factores que liberan hormonas, neuromoduladores o neurotransmisores (Gutiérrez, 2016).

Por otra parte, el crecimiento de la producción acuícola a nivel mundial, se debe a la implementación de prácticas intensivas de cultivo, lo que ha sido acompañado por un aumento en la demanda de alimentos balanceados (Gatlin *et al.*, 2007). La mayor parte de las dietas comerciales tienen como ingredientes principales a la harina y el aceite de pescado (fuentes de proteína y lípidos, respectivamente), los cuales han alcanzado un límite máximo de explotación y producción. Así mismo, la FAO (2007) ha asociado diversos efectos ambientales al uso intensivo de las dietas balanceadas.

3.- Diagnósis de la especie

En México la tilapia o mojarra africana fue introducida en México en julio de 1964, procedente de Alabama, las cuales fueron depositadas en la Estación Piscícola de Temascal, Oaxaca. Su adopción en el país ha sido amplia, principalmente en las zonas tropicales como sucede en los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa (Morales, 1991). Posteriormente, en 1978 se importaron de Panamá, las crías de *Oreochromis niloticus* y en 1981 los primeros organismos de *O. hornorum* y una línea albina de *O. mossambicus* para la producción de híbridos de tilapia (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 pertenece a la familia Cichlidae y es una especie omnívora de alimentación planctónica durante la etapa de cría y es nativa de África (Fattah *et al.*, 2015); los individuos adultos son omnívoros, se alimentan de zooplancton, fitoplancton, insectos en el medio natural, pero en condiciones de cultivo toleran muy bien la alimentación artificial, alimentos secos balanceados con un bajo porcentaje en proteínas (Ctaqua, 2017); se caracteriza por presentar peces de coloraciones muy atractivas, se diferencian de la gran mayoría de los peces dulceacuícolas por la presencia de un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal (Morales, 1991).

La tilapia del Nilo tiene cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 branquiespinas. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con XVI ó XVII, y entre 11 y 15. La aleta anal tiene III, y 10 u 11. Aleta caudal trunca. Las aletas pectoral, dorsal y caudal adquieren una coloración rojiza en temporada de desove; aleta dorsal con numerosas líneas negras. Es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Las temperaturas letales son: inferior 11-12 °C y superior 42 °C, en tanto que la temperatura adecuada varía entre 31 y 36 °C. Es un organismo omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas al detritus, puede filtrar alimentos tales como partículas suspendidas, incluyendo el fitoplancton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, si bien la mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie sobre las capas de perifiton (FAO, 2005-2017).

En estanques, la madurez sexual la alcanzan a la edad de 5 ó 6 meses. El desove inicia cuando la temperatura alcanza 24 °C. El proceso de reproducción empieza cuando el macho establece un territorio, excava un nido a manera de cráter y vigila su territorio. La hembra madura desova en el nido y tras la fertilización por el macho, la hembra recoge los huevos en su boca y se retira. La hembra incuba los huevos en su boca y cría a los pececillos hasta que se absorbe el saco

vitelino. La incubación y crianza se completa en un período de 1 a 2 semanas, dependiendo de la temperatura. Cuando se liberan los pececillos, estos pueden volver a entrar a la boca de la madre si les amenaza algún peligro (FAO, 2005-2017).

De los cíclidos introducidos a México destacan *Oreochromis* spp. y *O. niloticus* ya que forman parte de importantes pesquerías (Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010). La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), es una de las especies tropicales dispersas e importantes en la acuicultura de agua dulce. Actualmente, *O. niloticus* es la especie más importante ecológica y comercialmente en México (Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

La tilapia tiene un crecimiento rápido comparado con otros peces, pudiendo llegar a alcanzar un peso promedio de 167 g/tilapia durante 150 días a una densidad de 3 a 5 peces/m³, con un peso inicial de 10 g; además la tilapia se adapta muy rápidamente a diferentes clases de alimento y a diferentes formas de alimentación (Barrera, 2006). Los cuerpos lacustres son los mayores productores de tilapia alrededor de todo el mundo (Jiménez-Badillo, 2004).

Los principales atributos que presenta la tilapia, que le permite ser considerada como uno de los organismos más apropiados para la piscicultura, son su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y a diferentes salinidades, la buena calidad y el sabor de su carne, la relativa facilidad de reproducción que presenta en cautividad, así como a la habilidad de nutrirse de una amplia variedad de alimentos naturales y artificiales (Tenorio-Colín, 2003; Peña-Mendoza *et al.*, 2011).

ANTECEDENTES

El estudio de la nutrición en función del crecimiento y los hábitos alimentarios de las especies acuáticas, ha sido un tema muy estudiado tanto en ambientes marinos y continentales. Existen diversos estudios no solo en peces, sino también en invertebrados como langosta, langostinos y camarones, en los que se estudia la alimentación de los organismos probando distintos niveles de proteínas, lípidos, agregando o disminuyendo cantidad de vitaminas y minerales.

Pacheco y Rico en 1990, probaron dos alimentos elaborados, el alimento A, a base de alfalfa molida y charal molido con contenido de proteína de 32.16%, grasa 9.05% y carbohidratos de 8.20 %, el alimento B con salvado de trigo y desperdicio de camarón molido 28.46% de proteína, 5.47 % de grasa y 5.105 de carbohidratos. Se utilizaron tres acuarios para cada uno. De estos alimentos se evaluó su eficiencia en *Oreochromis mossambicus* mediante la relación peso-longitud y factor de conversión alimenticia durante 4 meses en condiciones de laboratorio. El rendimiento de los alimentos se obtuvo con el F.C.A. que resultó estar dentro del rango de 2 a 3, lo que significó un buen aprovechamiento de éste por los organismos, la eficiencia se vio influenciada en gran medida por la temperatura y la precocidad sexual, que alteraron el metabolismo reduciendo el crecimiento de *O. mossambicus*. Se obtuvo una tasa de crecimiento instantánea baja, la relación Peso-Longitud y Talla-edad indicaron un mejor crecimiento fue con el alimento A, siendo este el de mejor calidad debido a su estabilidad y a un contenido mayor de proteína; no, obstante en cuanto a rendimiento y eficiencia no se encontraron diferencias significativas con respecto al alimento B.

Hepher en 1993, publicó un libro acerca de la nutrición de los peces y crustáceos, en donde se abarcan temas como todos los requerimientos nutricionales desde el balance de energía, la ingestión, digestión y absorción del alimento, las vías energéticas, mantenimiento, crecimiento, requerimiento de proteína, nutrientes esenciales así como las fuentes de alimento y su aprovechamiento.

Toledo-Pérez y García-Capote en el 2000, ofrecen una visión general del cultivo de tilapia en la América Latina y el Caribe, haciendo hincapié en la nutrición y alimentación. Se analizan los problemas que se vienen confrontando en este importante aspecto, entre los que destacan: la falta de una metodología correcta en cuanto a las técnicas de alimentación, la necesidad de contar con la fabricación de alimentos de calidad dentro de la región, el empleo de alimentos no convencionales, la profundización de las investigaciones en los aspectos nutricionales, así como la necesidad de homogenizar las metodologías de investigaciones en el área, evidenciándose la urgencia de crear un centro regional de investigaciones sobre nutrición e información y poder contar con una revista de calidad que refleje todos los logros alcanzados en Latinoamérica sobre el cultivo de la tilapia.

Furuya *et al.*, (2004), llevaron a cabo un estudio para examinar los efectos de reemplazar la harina de pescado por harina de soya, con una dieta isoproteínica e isocalórica, los resultados mostraron que la soya como suplemento suministran más aminoácidos esenciales y producen que la formación de tejido sea mejor. Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la inclusión de harina de subproductos avícolas en la formulación y elaboración de dietas para *Oreochromis niloticus* y sus efectos sobre sus parámetros productivos; se utilizaron 63 Tilapias distribuidas al azar en nueve acuarios representando tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, estos consistían en 100% harina de pescado como única fuente de proteína animal, 20% de harina de subproductos avícolas en sustitución parcial de la harina de pescado y 50% de harina de subproductos avícolas en sustitución parcial a la harina de pescado. Los datos de mortalidad, GP (ganancia en peso) y CA (conversión alimenticia) fueron formulados mediante una hoja de cálculo, los alimentos formulados se sometieron a análisis químicos proximales. Los datos de mortalidad, GP y CA se sometieron a un análisis de varianza y se determinó la diferencia entre las media con una prueba de Tukey; además por medio del análisis estadístico se determinó que el empleo de la harina de subproductos avícolas no causa diferencias significativas en los parámetros productivos de la Tilapia nilótica.

Mensi *et al.*, (2005), utilizaron 5 especies diferentes de algas marinas *Rupia marítima*, *Posidonia oceánica*, *Cymodocea nodosa*, *Ulva rigida* y *Chaetomorpha linum*, a dichas especies se les realizaron análisis químicos para materia seca, proteína curda y fibra cruda a cada una, encontrando que esta información variaba de acuerdo a la especie y a la época de colecta. Con base en los requerimientos nutricionales de *Oreochromis niloticus*, *Ulva rigida* es la más indicada para incluir en la dieta de estos organismos, como una alternativa para la producción de alimentos balanceados. Posteriormente se formularon 4 dietas que contenían diferentes niveles de *Ulva rigida* 0, 9, 18 y 27 %.

Peña-Mendoza *et al.*, (2005), obtuvieron la proporción sexual de 1:1.29 hembras:machos ($\chi^2=10.26$; $p<0.05$) y detectaron dos épocas reproductivas para la especie: durante la estación lluviosa (agosto) y durante la estación de secas (febrero). La fecundidad relativa presentó mayor correlación con la longitud ($r=0.7473$; $p<0.002$) que con el peso ($r=0.7395$; $p<0.002$). Por otra parte, el intervalo para la fecundidad osciló entre 243 y 847 ovocitos por pez, con diámetros de 300 a 3 700 μm . Asimismo, la actividad reproductiva de la especie en Agosto y Febrero, coincide con el incremento de biomasa fitoplanctónica.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008), determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia del Nilo con 1039 organismos, cuyas tallas oscilaron para las hembras entre 9.0 y 16.5 cm de longitud patrón y para machos de entre 8.9 y 14.8 cm. La relación peso total-longitud patrón para toda la población fue $P=0.1207 L^{2.469}$. Los datos de edad obtenidos a través de los anillos del hueso opercular se utilizaron para estimar los parámetros de crecimiento del modelo de von

Bertalanffy: $L_{\infty}=17.88$ cm, $K=0.3409$, $t_0=-1.543$ y $P_{\infty}=149.21$ g. La edad máxima obtenida para hembras y machos fue de 2.5 años. La proporción sexual (hembra:macho) para la especie fue de 1:1 ($\chi^2=0.02$, $p>0.05$).

Azaza *et al.*, (2010), estudiaron la influencia del tamaño de las partículas de alimento en el crecimiento de juveniles de Tilapia del Nilo, se evaluaron cuatro diferentes tamaños de alimento, encontrando en sus resultados que las partículas más grandes (3.5 cm) provocan un menor desarrollo en los organismos; además, el tamaño óptimo de la partícula varía con respecto al tamaño de la boca. Sin embargo, la ingesta y la digestión son mayores cuando las partículas son más pequeñas, además de generar una heterogeneidad menor en el tamaño de los alevines de la población.

Rivas-Vega y colaboradores (2010), realizaron dos experimentos independientes, donde se evaluó la digestibilidad y el efecto en el crecimiento de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) cultivada en agua de mar, de la harina de cabeza de camarón y harina de hoja de *Moringa oleifera*. Evaluaron el efecto de la sustitución de la harina de sardina en 0, 30, 60 y 100 % por harina de cabeza de camarón, encontrando que el crecimiento de tilapia no es afectado en un 60% de sustitución. En un segundo experimento, se incluyó harina de hoja de *M. oleifera* en el alimento balanceado, sustituyendo en un 10, 20 y 30 % la proteína de la harina de sardina, los resultados sugieren que este ingrediente puede sustituir hasta en un 20% a la proteína de la harina de sardina, sin afectar el crecimiento de la tilapia. La digestibilidad de la proteína de la harina de cabeza de camarón y *M. oleifera* fue de 91.2 % y 89.1 %, respectivamente. Con base en los resultados obtenidos, los dos ingredientes se pueden incluir los dos ingredientes en el alimento de tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus*), sustituyendo parcialmente a la harina de sardina.

Llanes y Toledo en el 2011, trabajaron con alevines de *Oreochromis niloticus* de 12.82 ± 0.03 g de peso medio inicial, los que se distribuyeron según modelo de clasificación simple en tres tratamientos triplicados, para evaluar la posibilidad de utilizar altos porcentajes de harina de soya en la alimentación de tilapias durante 60 días. Los tratamientos consistieron en una dieta control con 50 % de harina de soya y dos experimentales, con 55 y 60 % de dicha harina. Los resultados mostraron que el tratamiento con 55 % de harina de soya con respecto al control no presentó diferencias significativas para el peso final (63.3 y 66.4 g), la conversión del alimento (1.8 y 1.7) y la eficiencia proteica (1.9 y 2.0). Sin embargo, con el aporte de 60 % se afectó el peso final (52.8 g), la conversión del alimento (2.1) y la eficiencia proteica (1.7). La supervivencia fue alta en todos los tratamientos (mayor que 93 %), lo que evidenció que altos niveles de esta fuente proteica no son responsables de la mortalidad

Torres-Novoa y Hurtado-Nery en el 2012, publicaron requerimientos nutricionales para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en donde se realizó una recopilación de información reciente sobre los avances de los requerimientos de algunos nutrimentos para este organismo, encontrándose que los requerimientos de proteína bruta, están siendo substituidos por el requerimiento específico de aminoácidos, como en el caso de lisina y metionina, aplicando el concepto de proteína ideal, y hacer que el suministro de raciones sea atendiendo las exigencias de nutrientes para las diferentes fases de vida de la tilapia, con el fin de obtener óptimos rendimientos en ganancia de peso y conversión alimenticia, garantizando un status sanitario alto en la producción de esta especie.

Arellano-Torres *et al.*, (2013), realizaron la comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia con base en el análisis de frecuencia de tallas mediante ELEFAN (Electronic Length Frequency Analysis), SLCA (Sheperd's Length Composition Analysis) y PROJMAT (Projection Matrix Method) se estimó el crecimiento en la tilapia en el lago de Chapala, Jalisco, para lo cual se utilizaron 1,973 individuos que fueron recolectados de la captura comercial de enero a diciembre 2010. Se cuantificó la variabilidad de los estimadores y el efecto de las muestras mensuales a través de la técnica de remuestreo jackknife. Los parámetros de crecimiento de L_{∞} y K se unificaron para efectos comparativos mediante el índice de crecimiento estándar (f'). Con los tres métodos utilizados se estimaron valores de los parámetros de crecimiento que se encuentran dentro del rango reportado en la literatura. La aplicación de jackknife mostró que ELEFAN estimó los mejores resultados, con los valores más bajos en el error porcentual y coeficiente de variación para L_{∞} , en tanto PROJMAT presentó los valores más bajos en los estimadores de precisión para K , la cual fue muy similar a la de ELEFAN. Los intervalos del índice comparativo de crecimiento fueron muy similares a los reportados para la especie en diferentes embalses.

Willis (2013), evaluó el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre el comportamiento productivo y la composición proximal del filete de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, se formularon cuatro dietas: aceite de pescado (AP), aceite de palma (APL), semilla de chíá (SC) o semilla de lino (SL). El experimento fue realizado durante 45 días en la represa de Betania (Huila, Colombia), en 20 jaulas faltantes, cada una con 504 peces con peso promedio de $557 \pm 16,87$ g, distribuidos bajo un diseño experimental completamente al azar. Adicionalmente se llevó a cabo un estudio de presupuestos parciales, con el fin de verificar el margen bruto de ingreso parcial (MBIP) obtenido con las diferentes dietas. Con una $p < 0,05$ se tuvieron diferencias significativas en el factor de conversión alimenticia (FCA) entre AP (1,19) y SL (1,54) y en la tasa de eficiencia proteica (TEP) para AP (3,64) al comparar con las demás dietas. Se observó que la dieta que contenía SC generó el menor MBIP, seguido de SL, APL y AP. En la composición proximal de los filetes, únicamente se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de proteína cruda entre AP (18,23%) al compararlo con SL (19,17%). En conclusión, es posible utilizar

AP, APL, SC o SL como fuentes de lípidos en las dietas, sin afectar la sobrevivencia, biomasa final, ganancia diaria de peso, consumo aparente de alimento, tasa específica de crecimiento e índice viscerosomático.

Santamaría-Mercha en el 2014, publicó el trabajo Nutrición y alimentación de peces nativos, en ese trabajo se presenta de manera general las exigencias de nutrientes de las dietas, además trata la parte fisiológica y morfológica de los organismos para lograr que tengan un buen desarrollo para el fin que se busque.

Workagegn *et al.*, en el 2014, estudiaron el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* con seis dietas diferentes formuladas de ingredientes variados. Estas dietas tenían harina de soya, huesos y carne molidos como ingredientes básicos, abarcando un 60% de la dieta total, el 40% restante estaba conformado por maíz (dieta A), pulpa de café (dieta B), salvado de trigo (dieta C), levadura de cerveza (dieta D), papas (dieta E) y finalmente trigo y arroz (dieta F). Se ocuparon 100 organismos de alrededor de 3.27 g de peso, repartidos en 18 peceras. Durante el experimento se alimentaron 3 veces al día con 10 % de peso vivo por acuario. Los resultados arrojaron que la mejor dieta para crecimiento y eficiencia alimentaria es la dieta A, seguida de la F y siendo la dieta B la de valores más bajos.

En el 2015, Gómez-Márquez *et al.*, estudiaron el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en organismos machos revertidos dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, bajo condiciones naturales. El estudio se llevó a cabo de Mayo a Noviembre en estanques de concreto de 50 m². Se midieron diferentes factores de crecimiento como Factor de conversión alimenticia, tasa específica de crecimiento, el índice de Fulton, entre otros. La calidad del agua de los estanques fue monitoreada a lo largo del experimento. Basados en los resultados existe una diferencia estadística significativa en la talla de 20942.5 con una $p < 0.05$ y en peso de 21413.0.

En el 2016, Beltrán analizó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en un estanque de 50 m³ en la Ciudad de México, los cuales fueron fertilizados artificialmente con vacaza con el objetivo de comparar el crecimiento de esta especie con y sin alimento balanceado, además de la fertilización artificial. Se llevó a cabo en estanques de concreto dividido en tres secciones con malla de pesca y fertilizando con vacaza a razón de 2 ton/ha. En cada división se introdujeron 100 organismos (6/m²) y se realizaron biometrías mensuales. Entre cada una de las divisiones no se registraron diferencias estadísticas significativas ($F=0.181826$; $p > 0.05$).

Palomo en el 2016, obtuvo por medio del hueso opercular el crecimiento de la tilapia con respecto al tiempo; se capturaron 371 organismos. Con estos datos se aplicó el método de retrocálculo de Fraser-Lee y se obtuvieron las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Con base en la lectura de los anillos depositados en los opérculos, se obtuvieron 5 marcas de crecimiento, obteniendo una edad máxima de 2.5 años para ambos sexos; los anillos de crecimiento fueron validados a través del índice de incremento marginal, obteniéndose que en el mes de Mayo y Noviembre se depositan las marcas de crecimiento. Los datos obtenidos a través de los anillos en el hueso opercular se utilizaron para estimar las constantes de crecimiento del modelo de von Bertalanffy por medio de los modelos de Ford-Walford y Beverton y Holt. Los parámetros físicos y químicos del agua resultaron aptas para el cultivo de *Oreochromis niloticus*.

OBJETIVOS

General

- Comparar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* administrando 3 dietas con diferentes niveles de proteína.

Particulares

- Elaborar un alimento con 34 % de proteína animal y vegetal.
- Comparar la eficiencia en el crecimiento de *Oreochromis niloticus* de 2 alimentos industrializados contra un alimento alternativo propuesto por Hernández-Valencia en el 2014.
- Evaluar las tasas de desarrollo por medio de indicadores del crecimiento (TCE, Porcentaje de ganancia en peso, FC, FCA, K y EA) y de la producción.

HIPÓTESIS

Si se administra alimento con 34% de proteína vegetal y animal, se podrá obtener crecimiento más rápido en *Oreochromis niloticus* con respecto al alimento con proteína animal.

JUSTIFICACIÓN

La búsqueda de alternativas para la nutrición de los peces ha sido una de las ramas más estudiadas por la acuicultura. Al basar los alimentos industrializados en proteínas animales, la cantidad de nutrimentos vertidos a las aguas incrementa, produciendo a largo plazo problemas de eutrofización. Por lo tanto alimentos que tengan mayor cantidad de proteína vegetal disminuirán el aporte de nitrógeno y fosforo, disminuyendo la cantidad de nutrimentos en el agua, con esto se aletargan los procesos de eutrofización.

Por lo tanto, conocer la manera en la que *O. niloticus* responde en su crecimiento y engorde ante alimentos con diferentes niveles de proteína, los cuales además aportan una menor cantidad de nutrimentos al agua ayudando a disminuir la eutrofización del sistema

La producción de peces en sistemas intensivos y semi-extensivos se basa en gran medida en el empleo de alimentos secos adecuados que originen un crecimiento rápido y rentable. La existencia de buenos alimentos comerciales ha permitido el incremento en la producción en la mayoría de especie, al menos hasta hace 3 - 4 años por motivos de crisis mundial, regulación de mercados, competencia desleal, el precio de venta de muchas especies se ha reducido y los márgenes de beneficio ya no son buenos (Jover-Cerda, 2012)

ZONA DE ESTUDIO

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México se ubica entre los 20°04'02" y 18°55'08" de latitud norte, y en los 98°34'06" de longitud oeste. Su porcentaje territorial representa 0.08% de la superficie del país. Colinda al norte con los estados de Hidalgo y Estado de México; al este con el Estado de México, Tlaxcala y Puebla; al sur con el Estado de México y Morelos; al oeste con el Estado de México (Alvarado, 2016).

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) la zona presenta un clima templado sub-húmedo con verano fresco y largo y con lluvias C(wo)(w)b(i)g (Beltrán, 2016) Las lluvias se presentan en verano, la precipitación total anual es de 616.6 mm (CONAGUA, 2015).

La delegación Iztapalapa se ubica al Oriente de la Ciudad de México, tiene una extensión de 105.8 km², 7.5 % de la superficie del D.F. y su altura sobre el nivel del mar es de 2,100 m, presenta un de temperatura de 14-16° C y un intervalo de precipitación anual de 500-700 mm (INEGI, 2005).

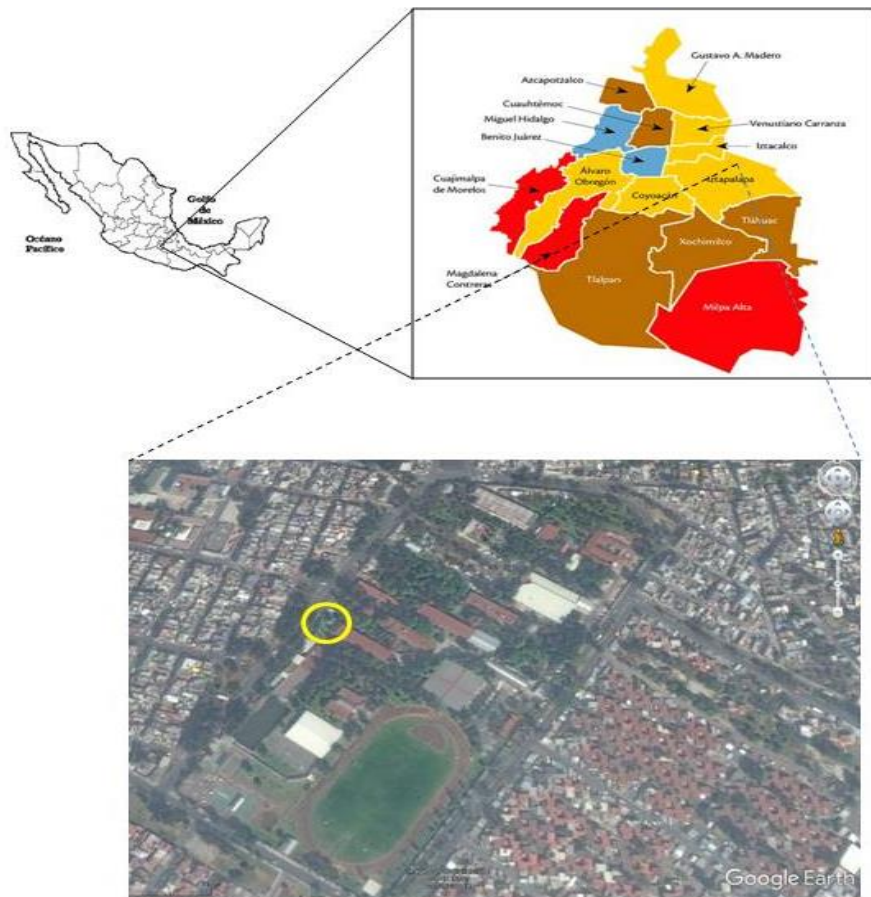


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

Dentro de esta delegación se encuentra al oriente la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en donde en el Campus II se ubica la Unidad Experimental Acuícola Zaragoza, en donde se lleva a cabo este experimento.



Figura 3. Ejemplares de *Oreochromis niloticus* adaptados en condiciones de laboratorio, Unidad Experimental Acuícola Zaragoza

MATERIAL Y MÉTODO

En la fase experimental se aplicaron 3 dietas diferentes, cada una con su respectiva repetición. La dieta 1 y su repetición fue un alimento industrializado marca Tetraperez, con un 27% de proteína animal; la segunda con 34% de proteína animal y vegetal, y la tercera dieta, con alimento El Pedregal con 45% de proteína. De ahora en adelante las dietas serán referidas de la siguiente manera:

Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
Tetraperez = T1	Alimento elaborado= HV1	El Pedregal = P3
Tetraperez repetición = T1.1	Alimento elaborado repetición = HV1.1	El Pedregal repetición = P3.1

Se utilizaron 60 organismos distribuidos en 6 peceras de 30 litros de agua cada una, con 10 organismos por pecera, los cuales se seleccionaron al azar. Los organismos para cada tratamiento se dividieron en 3 tallas diferentes, la primera abarcando un intervalo de 2.0 a 5.0 cm como mínimo y máximo, el segundo tratamiento abarca el intervalo de 5.1 a 9.0 cm, finalmente el tercer tratamiento abarca de 9.1 a 14 cm, cada uno tomando en cuenta la longitud total de los peces;

estos fueron capturados en los estanques ubicados en la Unidad Experimental Acuícola Zaragoza, con una red de 10 m de largo por 1.5 m de ancho y luz de malla de 0.001 m.

La dieta de Hernández-Valencia se preparó con base a lo propuesto en el manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de Tilapia, del 2014. Dicho ejemplar tiene como objetivo dar a conocer y describir la elaboración de alimentos alternativos para la alimentación de la Tilapia, abarcando tres fases de cultivo de: crías, pre-engorde y engorde hasta la cosecha. Dentro de estas dietas se seleccionó la dieta número 2, para desarrollo del cultivo, preparada con los siguientes ingredientes en las proporciones especificadas.

- a) Harina de Coco 8%
- b) Harina de Amaranto 9%
- c) Harina de Trigo 24%
- d) Harina de Soya 28%
- e) Harina de Pescado 28%
- f) Aceite vegetal 2%

De acuerdo a la dieta se debe de agregar 1% de vitaminas, dicha cantidad fue modificada para este experimento; por lo tanto, no se incluye en los cálculos para un kilogramo de alimento. Para la fabricación del alimento se compraron las harinas de coco, amaranto, trigo y soya. En el caso de la harina de pescado, esta se preparó con peces de la especie *Poeciliopsis gracilis*, los cuales se capturaron en el bordo el Amate amarillo, del estado de Morelos con una red de 10 m de largo por 1.5 m de ancho y luz de malla de 0.001 m; se sacrificaron por hipotermia y una vez muertos se deshidrataron en una mufla a 60° C; una vez deshidratados se molieron finamente en un mortero con pistilo mediano, para obtener la harina de pescado.

Una vez obtenida la harina de pescado, la harina de coco, amaranto, trigo y soya se pesaron en las cantidades establecidas por la dieta, se homogenizaron las harinas con una esquiamera y se le agregaron los mililitros correspondientes a la dieta de aceite vegetal, además de 5 mililitros de Yakult para aportar probióticos. El porcentaje de proteínas se cubrió agregando el 10% del peso de una pastilla Centrum performance, se procedió nuevamente a homogenizar la mezcla para agregarle agua destilada a 45 °C (por cada 5 kg de alimento se ocupan 3 litros de agua), una vez que se obtuvo una pasta homogénea con los ingredientes, se le agregó polvo para hornear comercial para incrementar el volumen de los pellets al cocinarse, finalmente se pesó la gretina natural; para este cálculo se tomó como referencia que a un 14g de gretina se ocupa para 1 Litro de agua.

Ya que se obtuvo una mezcla homogénea, está se vertió en un recipiente dosificador y se formaron tiras de alimento las cuales se colocaron en papel aluminio a cocción durante 24 horas a 40°C. Al terminar, las tiras fueron cortadas en pellets de 0.5 cm de longitud, se guardaron en recipientes de plásticos con tapa y se conservaron en un lugar fresco y seco.

Para 1 kg de alimento se requiere

Ingredientes	Porcentaje	Gramos
Harina de Pescado	0.28	280
Harina de Soya	0.28	280
Harina de Trigo	0.24	240
Harina de Amaranto	0.09	90
Harina de Coco	0.08	80
Aceite Vegetal	0.02	20

Los peces fueron alimentados 2 veces al día por 6 días a la semana, durante 6 meses. La cantidad de alimento administrada se basó en el 6% de la biomasa de cada uno de los acuarios. Cada 30 días se midió la biometría de los organismos tomando la longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), Altura (Alt) y Peso (P); conforme se modificaba el número de peces por acuario, se ajustaban los gramos a administrar manteniendo el 6% diario.

En cuanto a la calidad del agua, la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH se midieron realizó 2 veces por semana con un multiparámetros marca Hanna HI991300 y un microprocesador de oxígeno disuelto marca Hanna HI9146. Se mantuvo a una temperatura constante los acuarios de 25 ±1°C. La alcalinidad total y la dureza total se midieron cada 15 días.

1.- Calidad del alimento

Se realizaron pruebas de flotabilidad y aglutinamiento a la dieta HV1 y HV1.1, colocando 5 pellets en agua a diferentes temperaturas (20, 25 y 30° C), y se observó cuanto tiempo tardaban en hundirse y en disolverse en el agua

El análisis proximal para la determinación de carbohidratos fue a través del método volumétrico, el cual consiste en la determinación de azúcares por la reducción completa de un reactivo alcalino de cobre con muestra a analizar, el punto final se determina empleando el indicador azul de metileno el cual será reducido a blanco de metilo por un exceso de azúcar reductor (Corvera-Pillado y Aguilar, 2012).

2.- Relación Peso total-Longitud total

Es considerada un parámetro para predecir y evaluar el grado de salud y condiciones favorables para el crecimiento de los organismos (Naz *et al*, 2013)

$$P=aL^b$$

Donde:

P= Peso total

L= Longitud total

a y b = constantes

Para obtener los valores de las constantes, la ecuación se transformó en una función lineal y por el método de mínimos cuadrados (Marqués, 2004) se obtuvo el valor del intercepto (log a) así como de la pendiente (b).

$$\text{Log } Pt = \text{log } a + b \text{ log } Lt$$

Si el valor de $b=3$ se tiene un crecimiento isométrico, mientras que si $b \neq 3$ el crecimiento es alométrico. Al valor de la pendiente se le aplicó la prueba de *t-student* ($p<0.05$) para determinar si es igual (isometría) o diferente (alometría) de 3, siendo esta última positiva (>3) o negativa (<3) (Pauly, 1984; Granado, 2002).

3.- Indicadores de crecimiento

Para evaluar el crecimiento en la tilapia se aplicaron los siguientes indicadores de desempeño y de eficiencia alimenticia:

Porcentaje de ganancia en peso total (% GP)

$$\% \text{ PG} = (100) \frac{(P_f - P_i)}{P_i}$$

Donde

P_f = Peso final

P_i = Peso inicial

% PG = Porcentaje de ganancia en peso

(Ergün *et al.*, 2010)

Tasa específica de crecimiento (TEC)

$$\text{TEC} = (100) \frac{\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}}{\text{días del experimento}}$$

(Abdo de la Parra *et al.*, 2010; Gómez-Márquez *et al.*, 2015)

Factor de conversión alimenticia (FCA)

$$\text{FCA} = \frac{\text{Alimento ingerido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$$

(Abdo de la Parra *et al.*, 2010; Gómez-Márquez *et al.*, 2015)

Eficiencia alimenticia (EA)

$$\text{EA} = \frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento consumido (g)}}$$

(Gómez-Márquez *et al.*, 2015)

Supervivencia (S %)

$$S = (100) \frac{N_f}{N_i}$$

Donde:

N_f = Número de organismos finales

N_i = Número de organismos iniciales

(Ergün *et al.*, 2010)

4.- Factor de condición

También llamado índice de gordura, es un indicador del bienestar fisiológico de una determinada población de peces. Provee la manera de evaluar indirectamente las condiciones ecológicas de un determinado ambiente por medio de la respuesta en crecimiento y engorada de las especies ante las condiciones ambientales específicas en que se desarrollan. Este índice permite observar las desviaciones del peso para su talla dada con respecto al peso esperado según la regresión talla-peso de la especie (Ciechowski *et al*, 1986)

$$K = \frac{P}{aL^b} \quad \Rightarrow \quad Kr = P_{obs}/P_{calc}$$

Donde:

P= Peso total

Kr= Factor de condición

L= Longitud total promedio

P_{obs}= Peso observado

a= intercepto de la relación peso-longitud

P_{calc}= Peso calculado

b= pendiente de relación peso-longitud

5.- Análisis estadístico

Con el empleo de la técnica de diagrama de cajas, se analizó el crecimiento de los peces en peso total y longitud total o patrón a través del tiempo. A los datos se les realizó la prueba de homocedasticidad de acuerdo con la prueba estadística de Levene.

Se aplicaron pruebas no paramétricas, ya que los datos no se distribuyeron de manera normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las dietas entre sí, y una U-Mann Witney para comparar la dieta con su repetición. Además de esto se realizó la prueba de recorridos múltiples de Sheffé.

Estas pruebas estadísticas se aplicaron para separar los valores de las medias que presentaron diferencias significativas en las variables de respuesta del crecimiento. También, se realizó el análisis de la correlaciones de Spearman para ver el nivel de relación entre los factores ambientales y los indicadores de crecimiento.

RESULTADOS

1.- Parámetros Físicos y químicos

Durante todo el cultivo, en las dietas HV1 y HV1.1 se mantuvieron constantes la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH (Fig. 4). La alcalinidad con respecto a HV1 disminuyó conforme transcurría el tiempo de experimentación, la dureza por su parte fue constante hasta el último mes del experimento en donde empezó a incrementar.

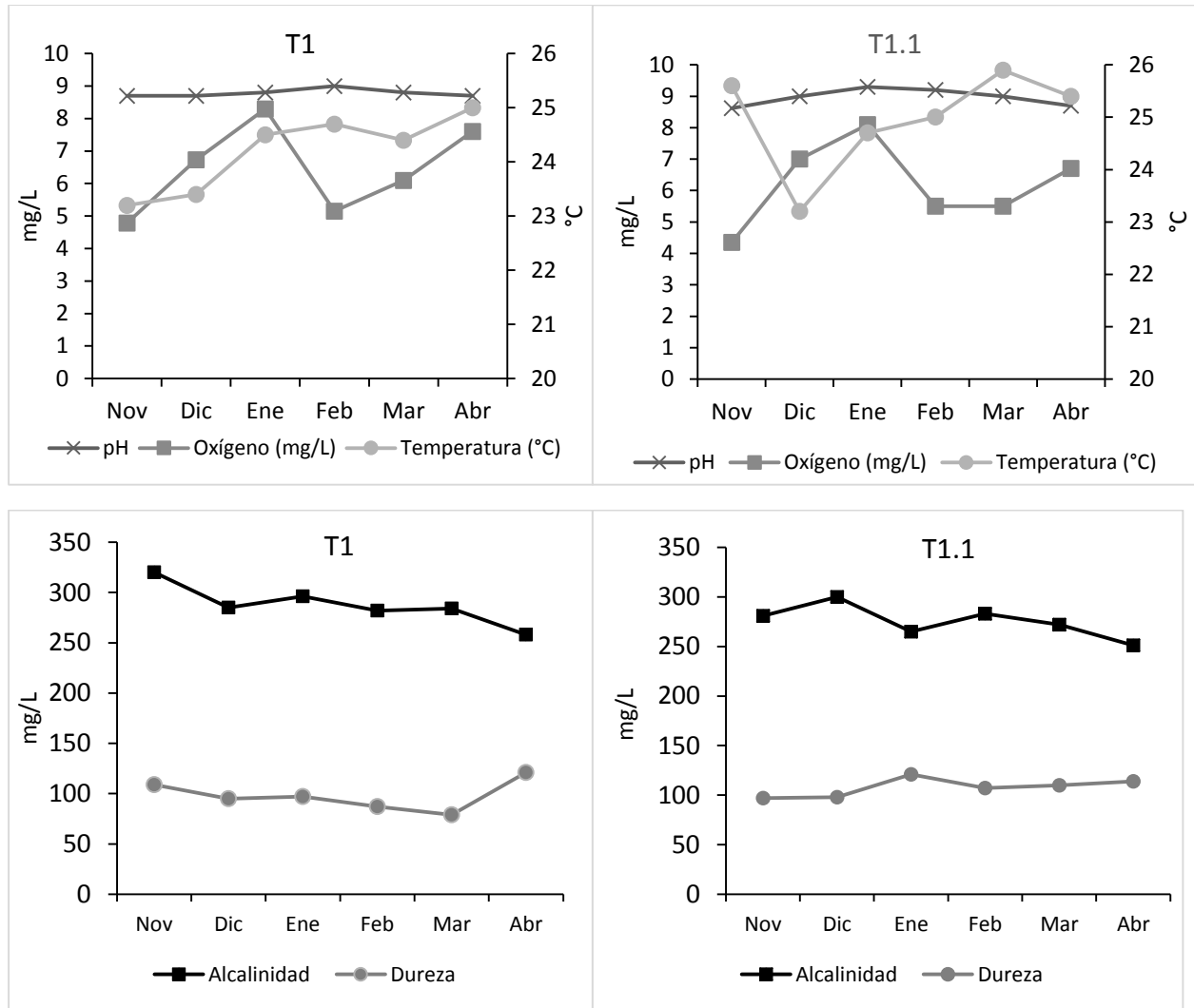


Figura 4. Parámetros físicos y químicos para las dietas Tetraperez 1 y Tetraperez 1.1

En el caso del tratamiento 1.1 (Fig. 4) la temperatura se mantuvo entre 24 y 26 °C, el oxígeno disuelto registró fluctuaciones de 4 a 8 mg/L y el pH también se mantuvo constante (alrededor de 8 y 9 unidades), en tanto la alcalinidad como la dureza se mantuvieron casi constantes y presentaron una relación inversa a lo largo del experimento.

La temperatura, el oxígeno disuelto y el pH en el tratamiento 2 y 2.1 se mantuvieron constantes, la diferencia se marcó en la alcalinidad y la dureza; para el tratamiento 2 estos parámetros tuvieron una relación inversa en los tres primeros meses del experimento, pero después de esto se comportaron de manera muy similar. Por su parte el tratamiento 2.1 para estos mismos parámetros en la alcalinidad tuvo un descenso hacia el final del cultivo y la dureza se mantuvo de manera constante con un ligero aumento durante los últimos 4 meses (Fig. 5).

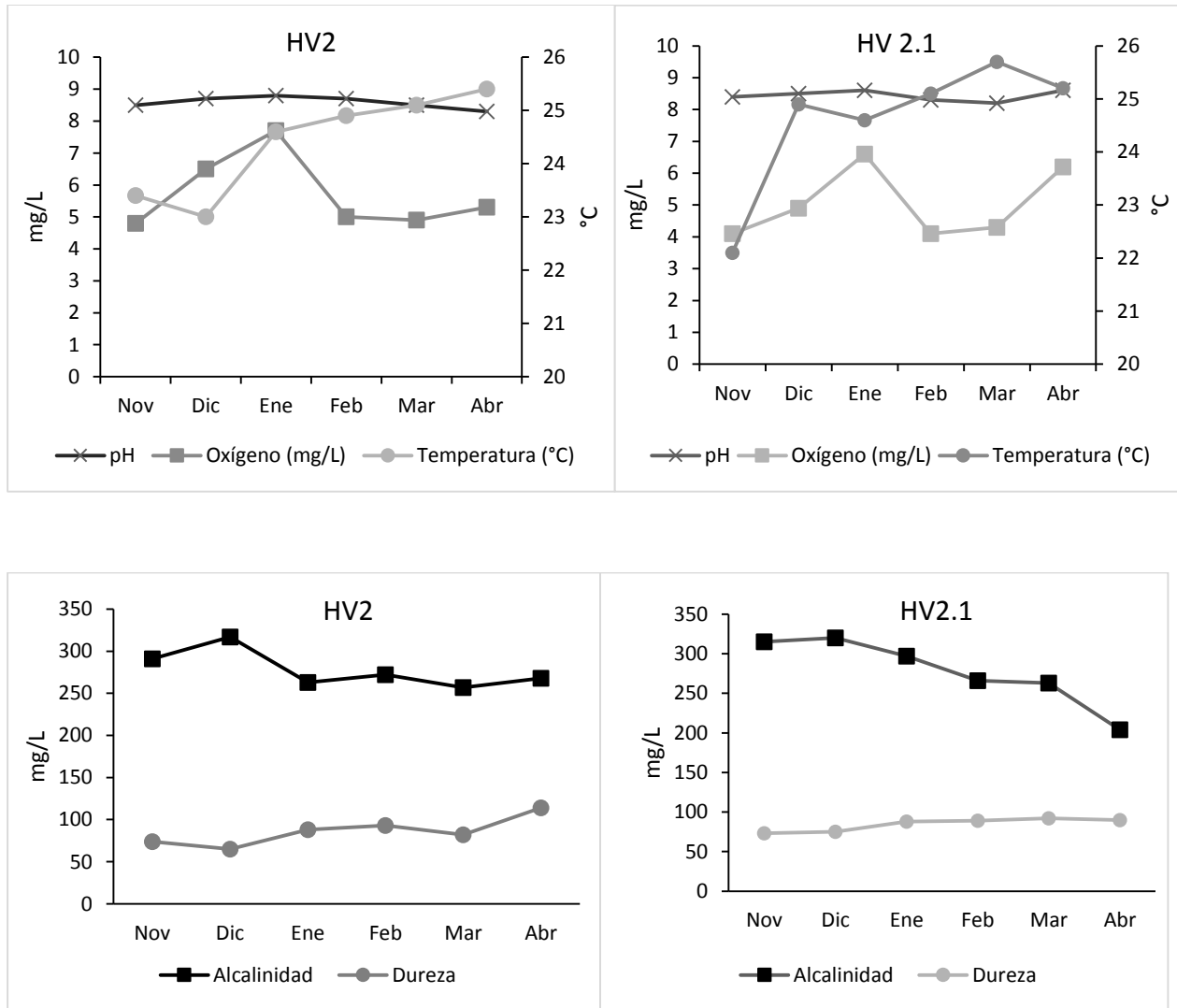


Figura 5. Parámetros físicos y químicos para las dietas de alimento elaborado 2 y Alimento elaborado 2.1

El tratamiento 3 y su repetición (3.1) mantuvieron un pH constante, la temperatura y oxígeno disuelto mostraron fluctuaciones durante el experimento de 24 a 26 °C y de 4 a 6 mg/L respectivamente. La alcalinidad para el tratamiento 3 tuvo un descenso a partir de Diciembre hasta el final del experimento, la dureza por otro lado se mantuvo casi constante (Fig. 6).

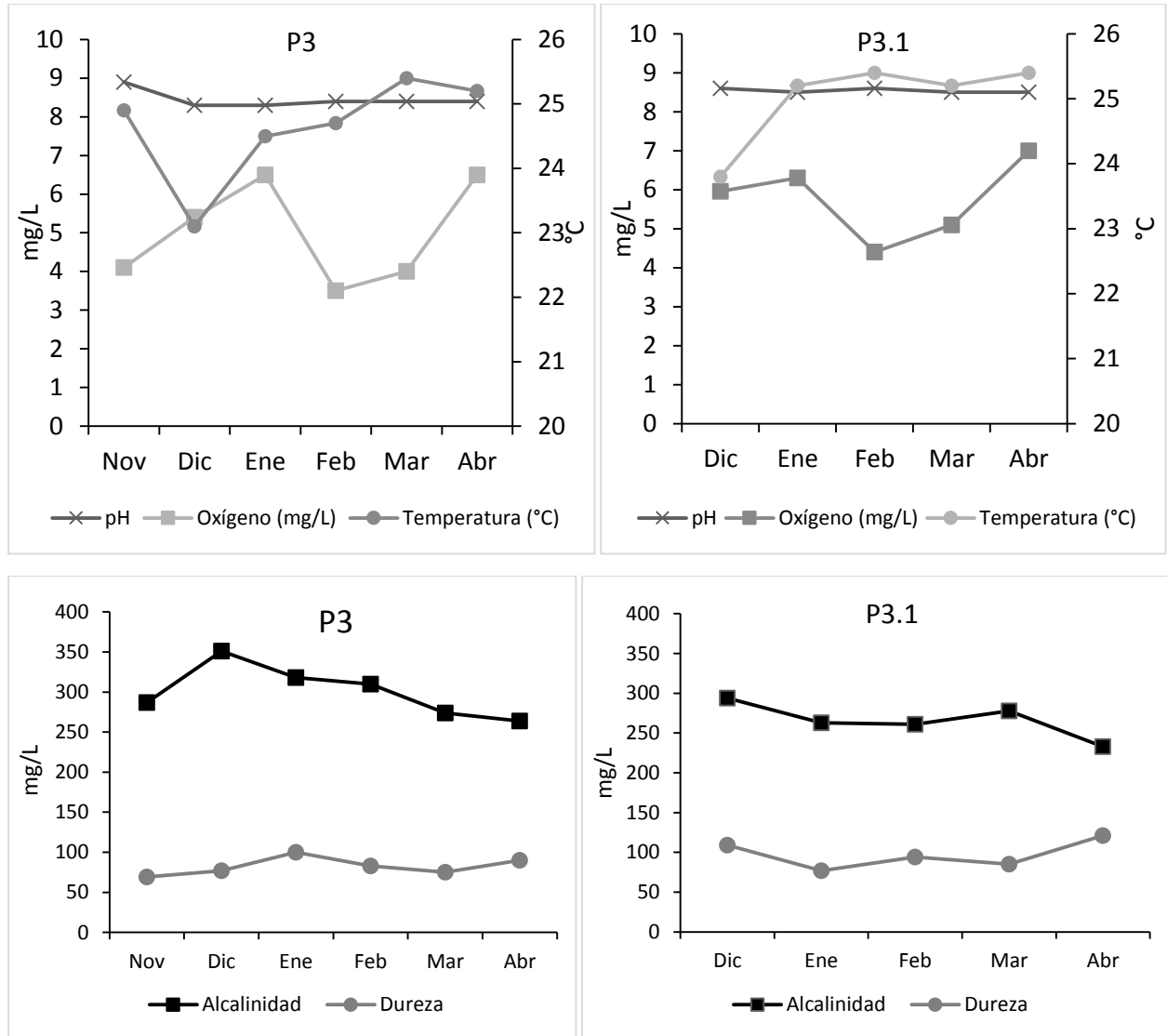


Figura 6. Parámetros físicos y químicos para las dietas de El Pedregal 2 y El Pedregal 2.1

2.- Alimento

La elaboración del alimento se realizó con base en las cantidades sugeridas por el manual y se prepararon más de 500 g los cuales se utilizaron en la alimentación de los organismos. En la figura 7 que a continuación se muestra, se observa el procedimiento realizado durante la elaboración y también se muestran los resultados obtenidos en el crecimiento de los organismos.

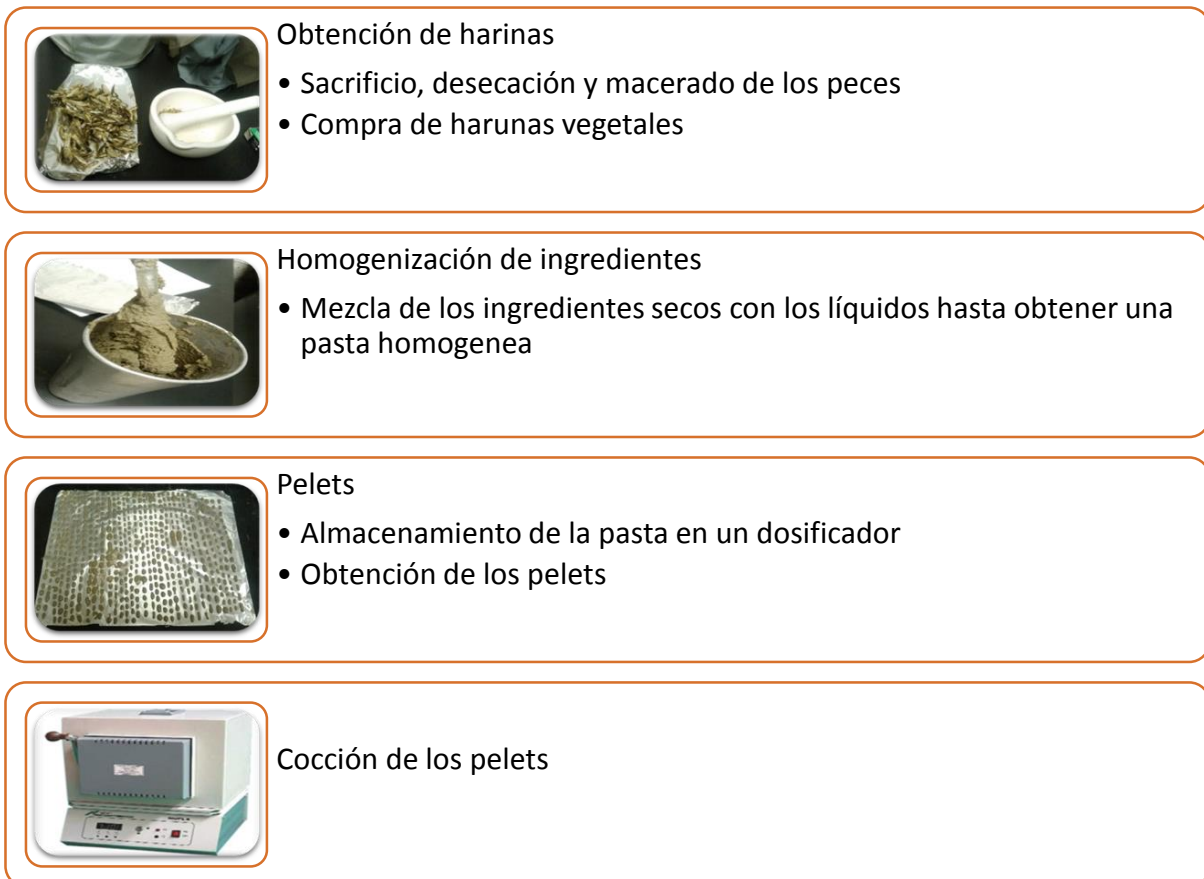


Figura 7. Fabricación del alimento propuesto con 34 % de proteína vegetal y animal

2.1.- Prueba de flotabilidad y aglutinamiento

Se probaron diferentes adiciones de grenetina para permitir que el alimento se aglutinara y flotara a diferentes temperatura para comprobar cuál era el más adecuado para el consumo del alimento por los peces, siendo 2.5 gramos la más adecuada (Tabla 1). Sin embargo, el que no flotara el alimento no fue problema para los organismos, ya que también lo tomaban del fondo del acuario, lo importante era que se mantuviera el mayor tiempo posible agregado y que no se disolviera

Tabla 1. Tiempo de flotabilidad y aglutinamiento del alimento elaborado

Alimento	Grenetina (g)	Temperatura (°C)		
		20	25	30
1	3	20' 15"	18'50"	12'8"
2	1.71	39"	54"	42"
3	2.5	8'49"	15'30"	6"

2.2.- Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal (bromatológico) del alimento que se preparó con un 34% de proteína, principalmente sobre la cuantificación del contenido de proteína, pero después de 7 intentos para su evaluación se desistió de realizar la prueba, debido a que al preparar el reactivo de ácido bórico con indicadores y debido a que los reactivos estaban deteriorados (mala calidad por caducidad) o a que el pH del agua no lograba ser el indicado, ninguno de los intentos por hacer la prueba dio buenos resultados. La siguiente prueba del análisis fue la determinación de carbohidratos por el método volumétrico, el cual consiste en la determinación de azúcares por la reducción completa de un reactivo alcalino de cobre con muestra a analizar, el punto final se determina empleando el indicador azul de metileno el cual será reducido a blanco de metilo por un exceso de azúcar reductor (Corvera-Pillado y Aguilar, 2012). Con esto se registró un 26% de carbohidratos.

3.- Supervivencia

El tratamiento que obtuvo una mejor supervivencia fue el 2 y su repetición, obteniendo un 80 y 70 % respectivamente. Por otro lado el tratamiento con menor supervivencia fue el tratamiento 3.1 con solo un 25%

Tabla 2. Porcentaje de supervivencia

Tratamiento	%
Tetraperez 1	55
Tetraperez 1.1	20
Alimento elaborado 2	80
Alimento elaborado 2.1	70
El Pedregal 3	60
El Pedregal 3.1	25

4.- Indicadores de crecimiento y Factores físicos y químicos

4.1.- Tetraperez (27% de proteína)

La Tasa de crecimiento específica (TCE) para el alimento T1 y T1.1 (Fig. 8) se comportan de manera similar del primer mes del cultivo una al segundo mes en el cual se observó e da un incremento y de Diciembre hasta Marzo se da un decremento, durante el último mes de experimentación ambas tienden a incrementar.

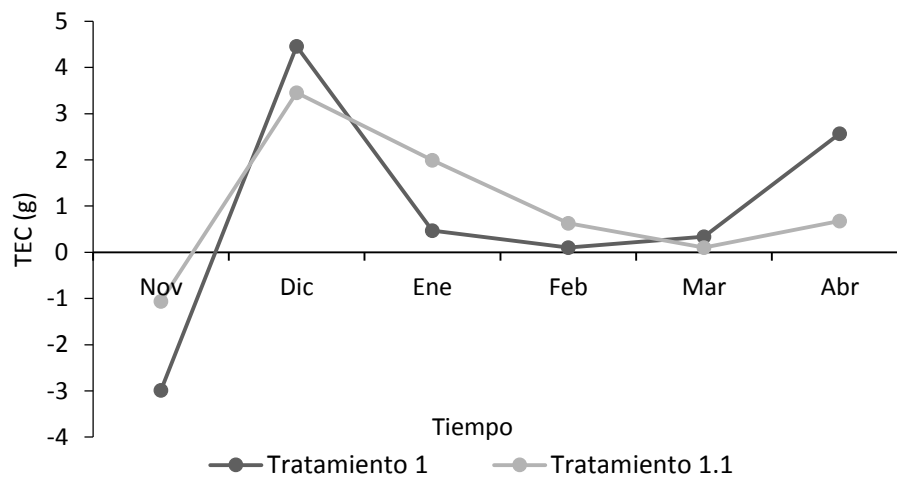


Figura 8. Tasas de crecimiento específica para T1 y T1.1

A lo largo de los seis meses de experimento la Eficiencia Alimentaria (EA) mostró un variación durante los 3 primeros meses (Fig. 9), posteriormente se mantuvo un incremento constante. A diferencia del Factor de Conversión Alimenticia (FCA), el cual permaneció de manera más constante; durante el mes de Enero el FCA se comportó de manera inversa que la EA, ya que aquí mientras el primero tiene un pequeño incremento el otro mostró un caída, a partir del mes de febrero el comportamiento de ambos factores es inverso, cuando la EA incrementa nuevamente la FCA tiende a caer ligeramente.

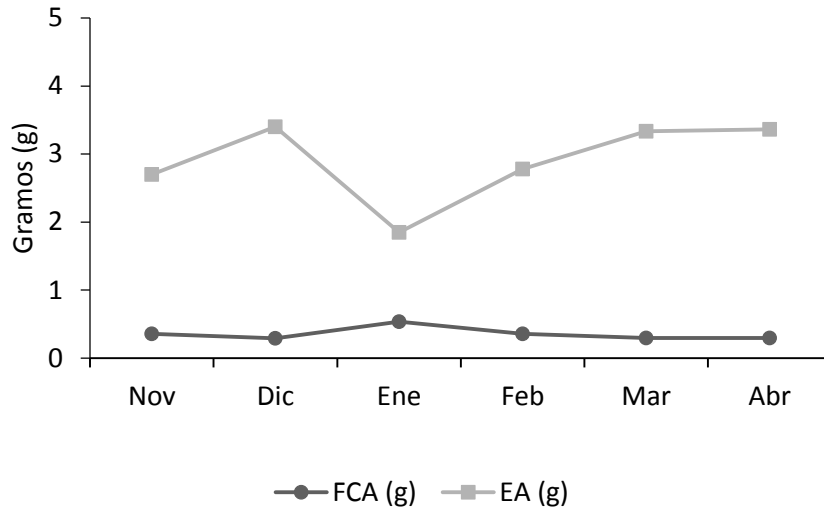


Figura 9. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para T1

Para la dieta 1.1 (Fig. 10) la FCA y el EA se comportan de manera inversa durante el experimento mientras el primero incrementa de Noviembre a Diciembre, el resto del tiempo tiende a decrecer, en el caso de la EA durante los dos primeros meses tiende a la baja y de ahí hasta el fin del experimento tiende a incrementar.

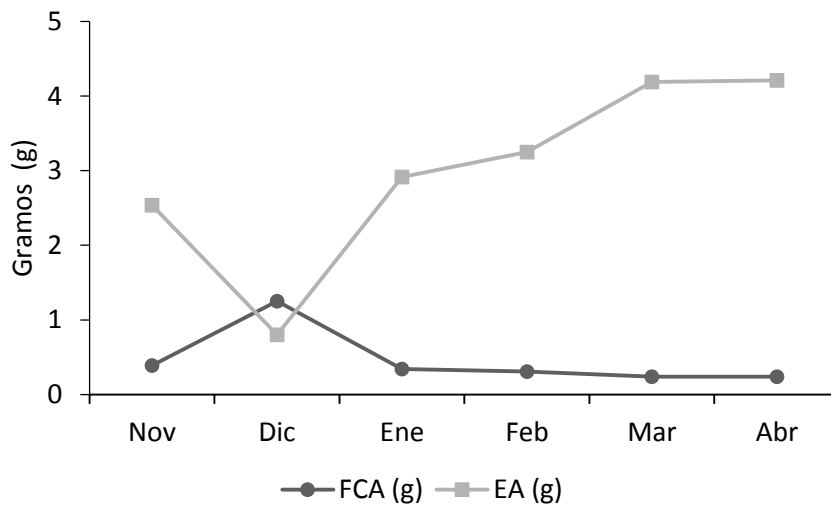


Figura 10. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para T1.1

Para la TCE (Fig. 11) se observó un incremento de Noviembre a Diciembre, posteriormente tiende a decrecer y para el final del experimento incrementa; este comportamiento es inverso a la temperatura, ya que, a pesar de que esta al principio se mantiene alrededor de los 23 a 24°C durante el experimento tiende a incrementar y mantenerse estable alrededor de los 25°C.

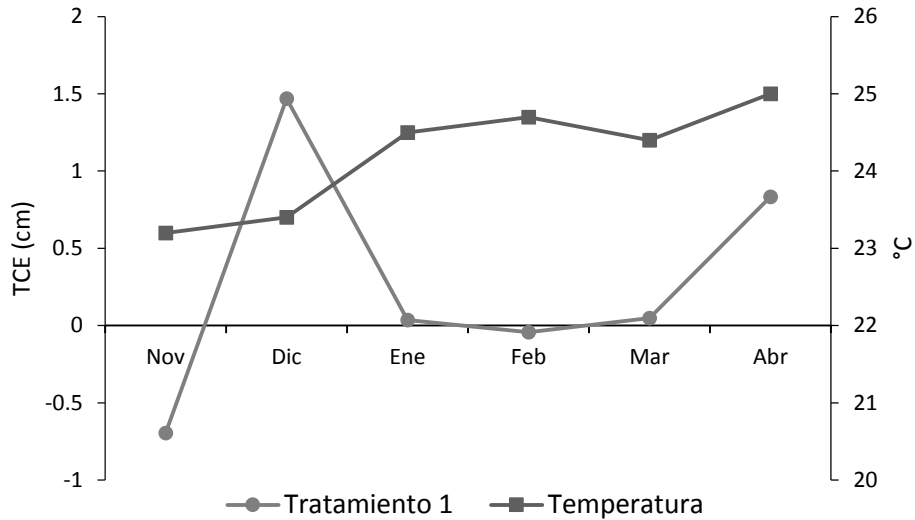


Figura 11. TCE de Lt y temperatura de la dieta 1

Para el alimento 1.1 (Fig. 12), la temperatura y la TCE se comportan de manera inversa a lo largo de todo el experimento.

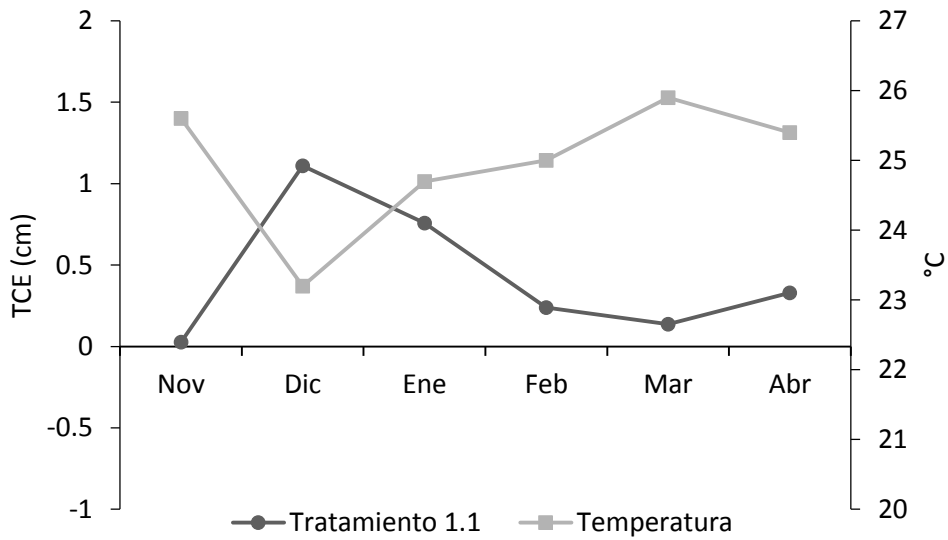


Figura 12. TCE de Lt y temperatura de la dieta 1.1

El porcentaje de ganancia en peso para ambas dietas tiene un comportamiento muy parecido para ambos (Fig. 13), con un incremento hacia el final del estudio de 0.25% en promedio.

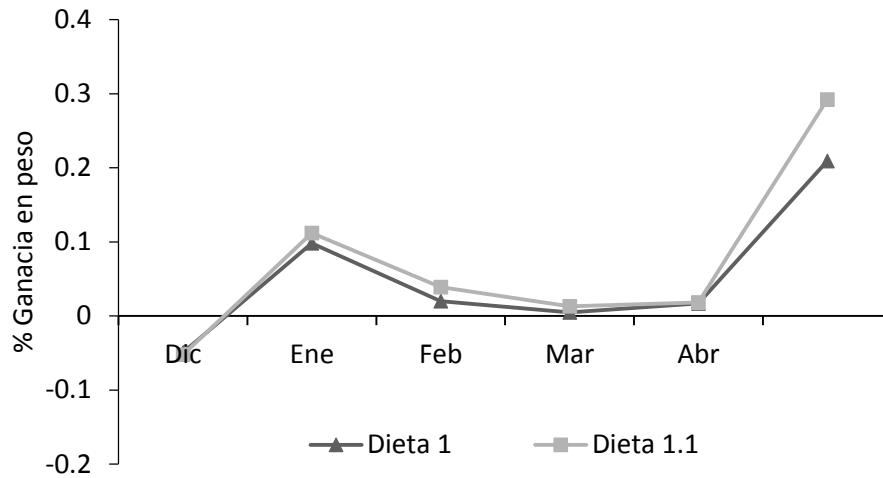


Figura 13. % de Ganancia en peso (%GP)

Para ambas dietas, el valor del factor de condición (K) se mantiene por arriba 1, lo cual nos indica que se presentan condiciones adecuadas en el ambiente para el crecimiento. Solo durante diciembre se observó un decremento (Fig. 14).

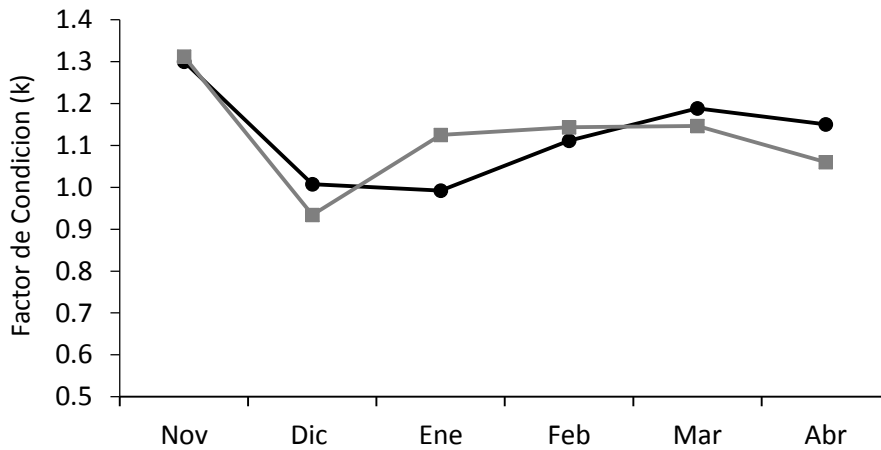


Figura 14. Factor de Condición para ambos tratamientos (K)

En la dieta 1, la temperatura se mantuvo constante con un ligero incremento hacia el final del estudio y se comportó de manera contraria al K, mientras que el oxígeno y el FCA durante el primer mes son inversos pero en el mes de Diciembre tienden a comportarse de manera similar. El valor del FCA se comportó de manera inversa a la temperatura.

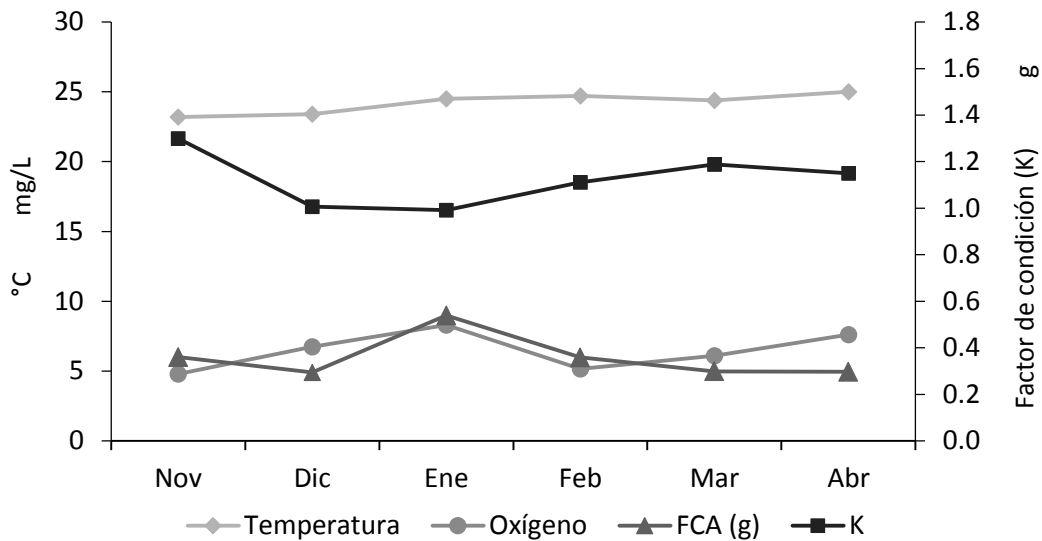


Figura 15. Relación entre la temperatura, oxígeno disuelto el FCA y K para el T1

En la dieta 1.1 el valor de K y la temperatura registrada se comportan de manera similar durante los meses de Enero, Febrero y Marzo, para los meses de Noviembre, Diciembre y Abril son inversos. Por su parte el oxígeno y la temperatura registrada de Enero a Abril tienden a ser inversos al FCA mientras que de Noviembre a Enero incrementan.

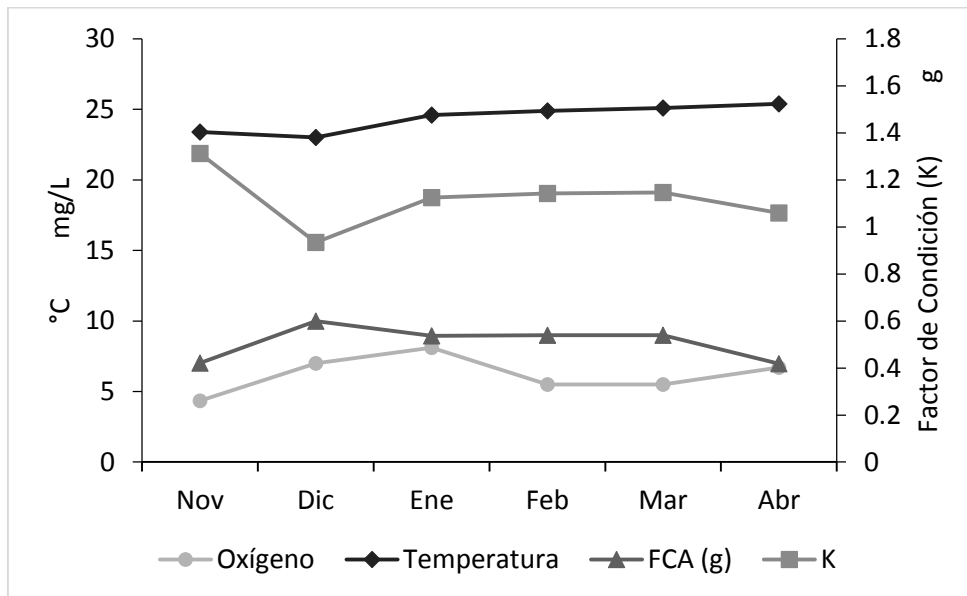


Figura 16. Factores físicos y químicos vs. FCA y K para el T1.1

4.2 Alimento elaborado (34 % de proteína animal y vegetal)

La tasa de crecimiento específica (TCE) mostró que para la dieta 2 de Noviembre a Enero para posteriormente tener un incremento hacia la parte intermedia del estudio, a diferencia 2.1 que registró incremento durante todo el estudio, excepto en Abril (Fig. 17).

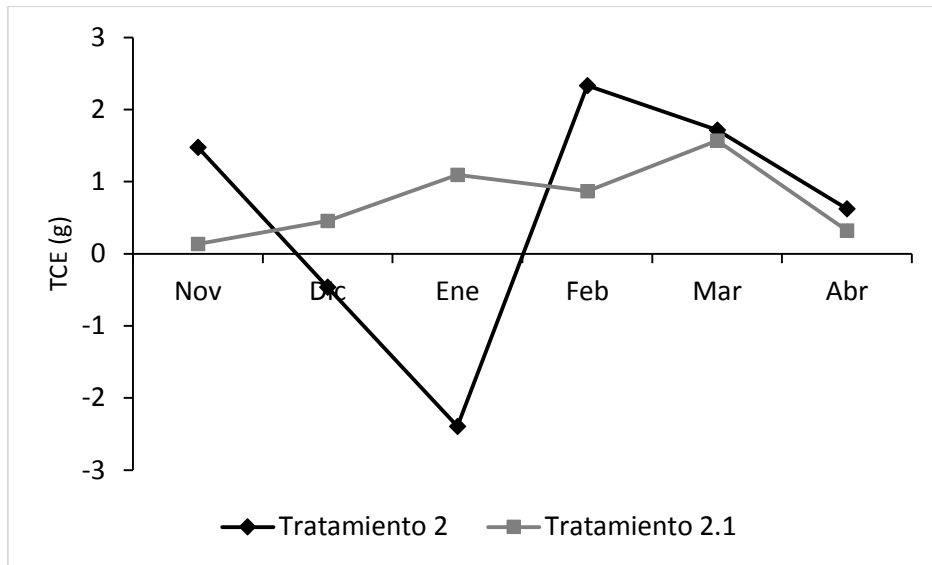


Figura 17. Tasas de crecimiento específico para Alimento elaborado 2 y 2.1.

El FCA mostró un comportamiento inverso a la EA para el tratamiento 2, lo que denota la variabilidad de la TEC en este experimento (Fig. 18). Para el caso del tratamiento 2.1 (Fig. 19) ambas variables también mostraron un relación inversa durante todo el estudio-

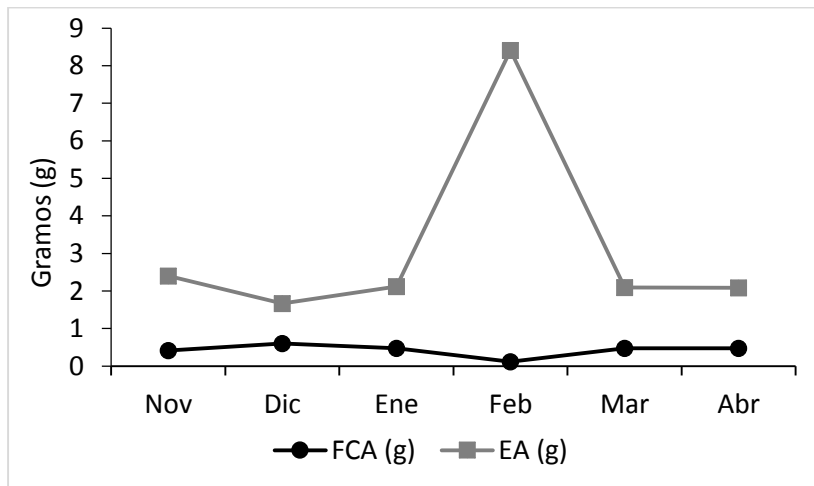


Figura 18. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para HV2.

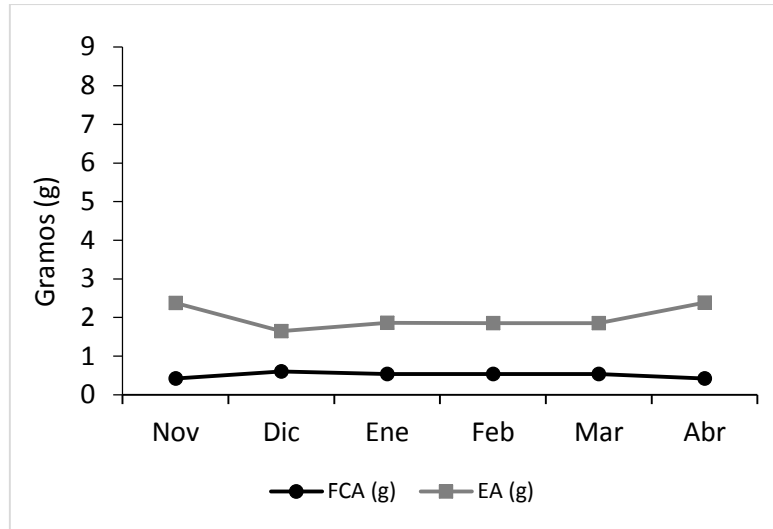


Figura 19. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para el HV2.1.

Para el alimento elaborado, el porcentaje de ganancia en peso es mayor en HV2.1, pero a pesar de ello el comportamiento en ambos tratamientos es muy similar con disminución de Diciembre a Febrero e incremento hacia el final del estudio (Fig. 20).

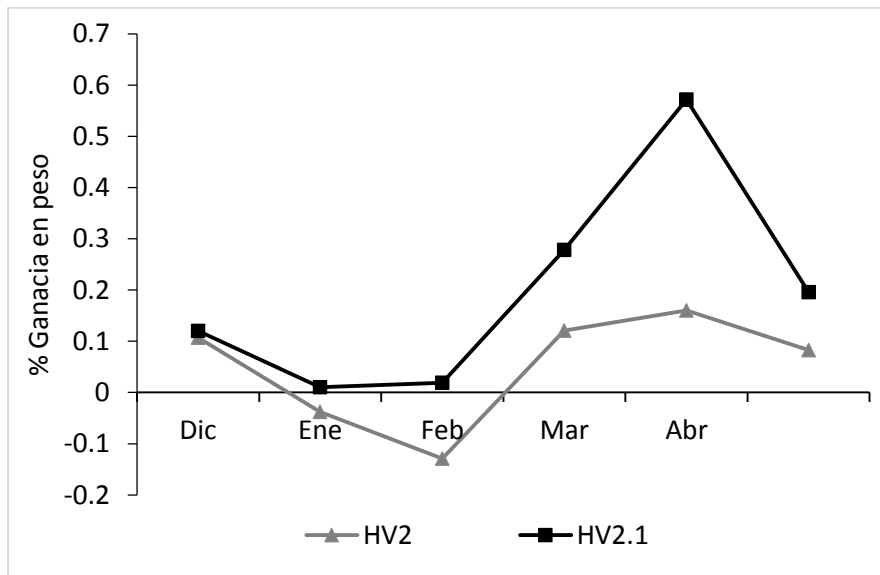


Figura 20. % de Ganancia en peso (%GP)

Con respecto a la relación entre la temperatura y la TCE para el T2 (Fig. 21) se observa un comportamiento similar de Noviembre a Febrero, pero inverso de Febrero a Abril con una baja tasa de crecimiento hacia el final del estudio.

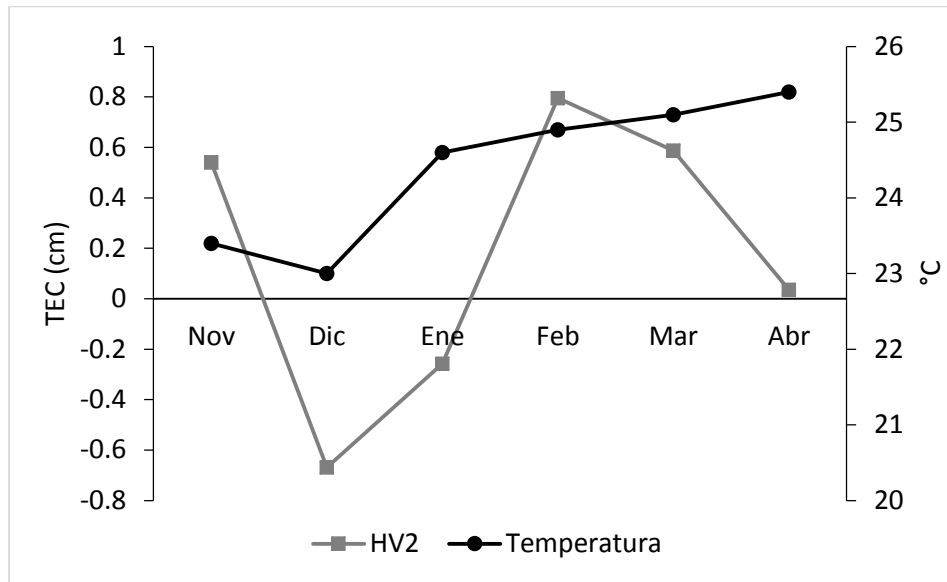


Figura 21. TCE de Lt y temperatura para el tratamiento 2

La temperatura con la TCE para el tratamiento 2.1 (Fig. 22) se comportan de manera muy parecida con incremento durante todo el estudio para disminuir hacia el último mes de cultivo.

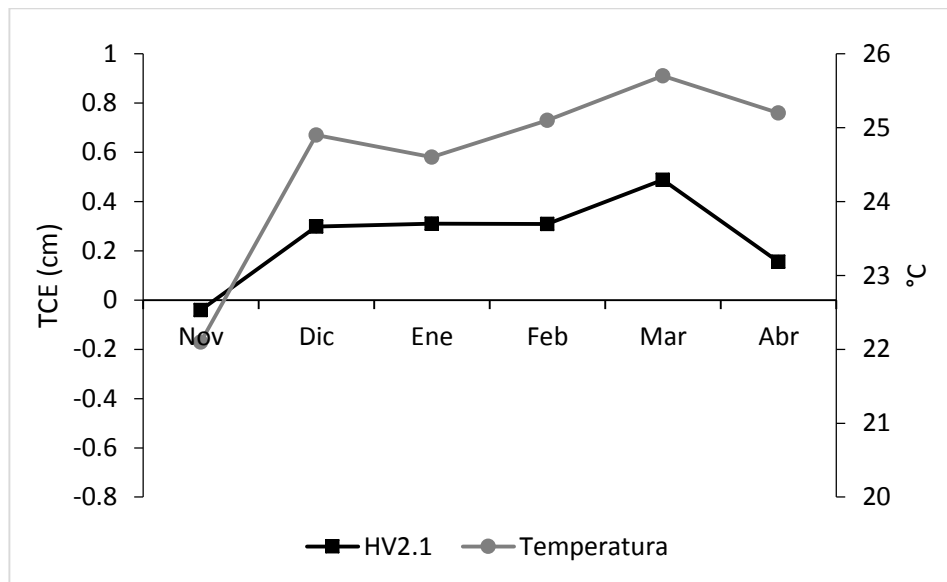


Figura 22. TCE de Lt y temperatura para HV2.1

Ambos alimentos mostraron condiciones óptimas para un buen desarrollo de los peces, para las dietas HV2 y HV2.1 (Fig. 23) se registró una relación inversa entre estos dos cultivos de noviembre a enero para posteriormente presentar un comportamiento similar hacia el final del estudio, durante todos los meses el valor del K se mantuvo alrededor de 1.1.

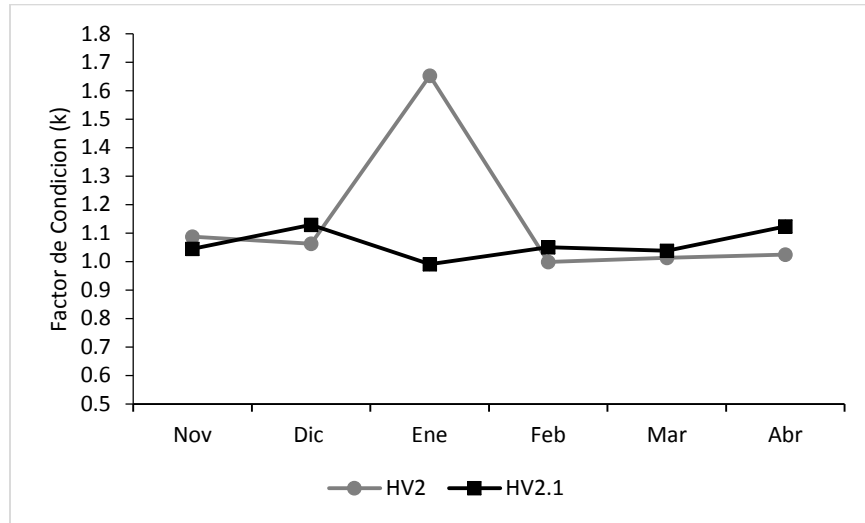


Figura 23. Factor de Conversión Alimenticia (K)

El K con la FCA para HV2 (Fig. 24) tuvieron una relación inversa durante todo el experimento, pero a pesar de ello la FCA y el oxígeno se comportan de manera similar aunque la temperatura se mantiene constante e incrementa hacia el final del estudio.

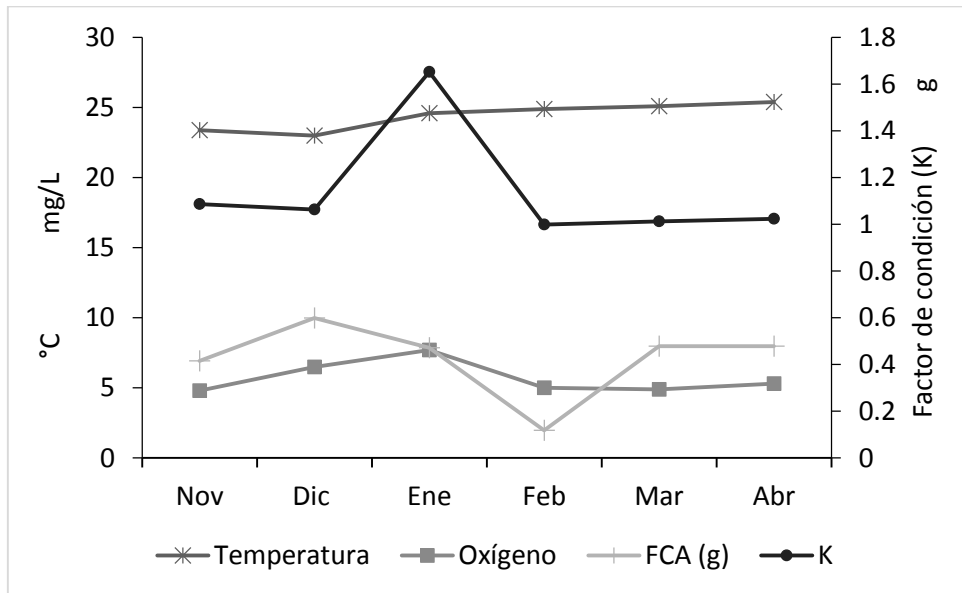


Figura 24. Factores físico-químicos vs. FCA y K para el HV2

De Noviembre a Diciembre la temperatura y el K tienden a incrementar para el tratamiento 2.1 (Fig. 25), pero después a partir de este mes y hasta el fin del experimento estos dos tienen una relación inversa; de manera contraria el oxígeno con el FCA tienden a ser inversos a lo largo de todo el experimento al igual que el K y el FCA.

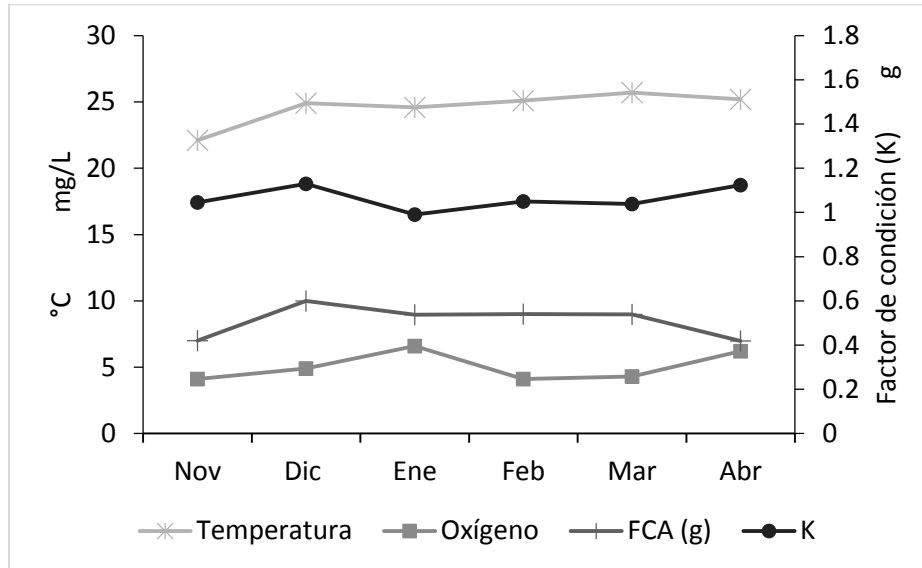


Figura 25. Factores físico-químicos VS FCA y K para el HV2.1

4.3.- El Pedregal (45 % de proteína)

Para estas dietas, 3 y 3.1 (Fig. 26 y 27), la TCE en peso mostró un comportamiento similar para los todo el estudio; sin embargo, T3.1 registró valores más altos de estas variables con respecto al tratamiento 3, con decrementos hacia el final del estudio.

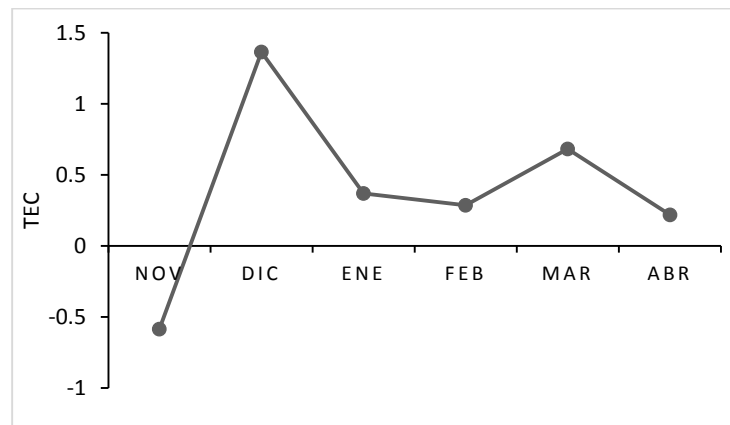


Figura 26. Tasas de crecimiento específica en peso para T3

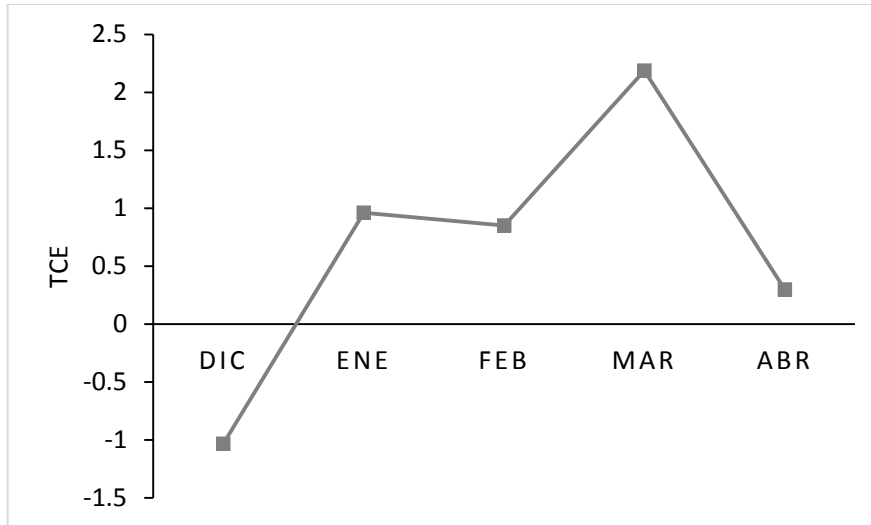


Figura 27. Tasas de crecimiento específico en peso para T3.1

EL factor de condición (K) y la Eficiencia Alimenticia (EA), los tratamientos 3 y 3.1 tienen una relación inversa durante los seis meses del experimento; el valor de K siempre fue menor a uno y los valores de la EA fueron mayores para el tratamiento 3.1 que para el 3 (Fig. 28 y 29).

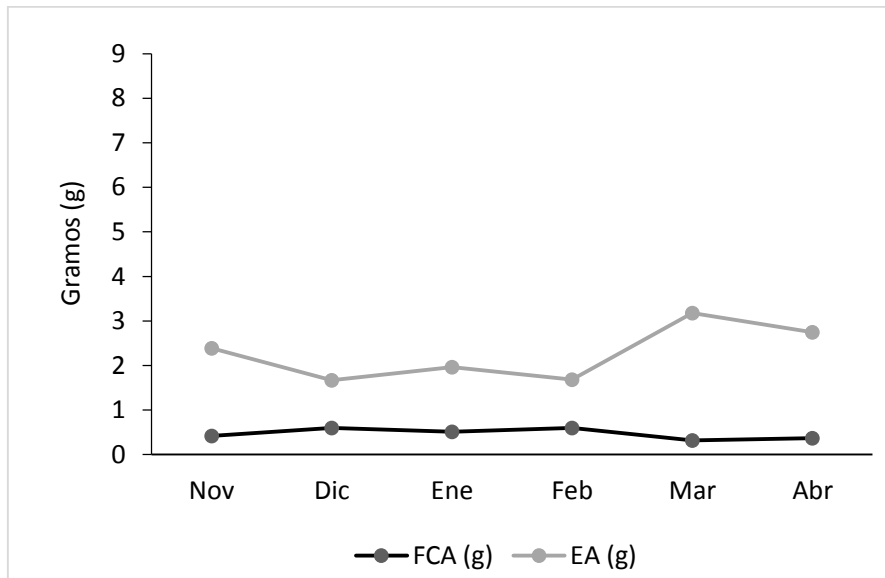


Figura 28. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para P3

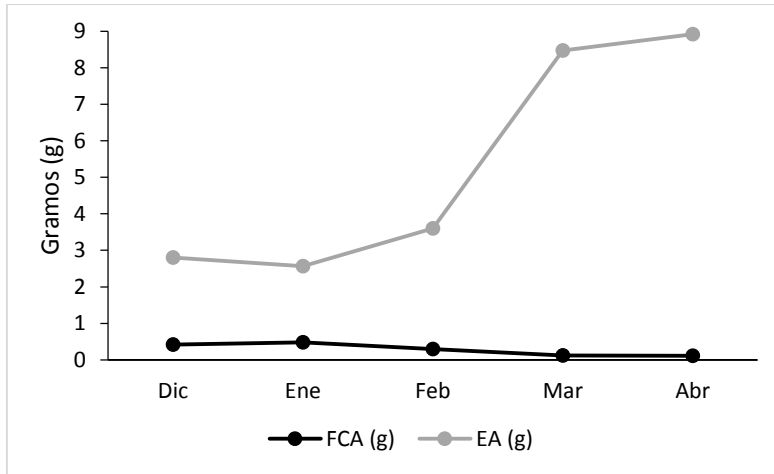


Figura 29. Factor de conversión alimenticia y Eficiencia Alimentaria para P3.1

.En relación al porcentaje de ganancia en peso (%GP) en la figura 30 se observa que ambos tratamiento presentaron el mismo comportamiento, ya que de Noviembre a Enero este incrementa, pero en Febrero en P3 se observa un decremento considerable a comparación de P3.1. Por otro lado, ambos tratamientos inician con valores por debajo de cero, con la diferencia de que de Diciembre a Febrero incrementa muy poco, siendo al final del experimento donde se da el repunte y aumenta su valor teniendo nuevamente una caída durante el último mes del experimento.

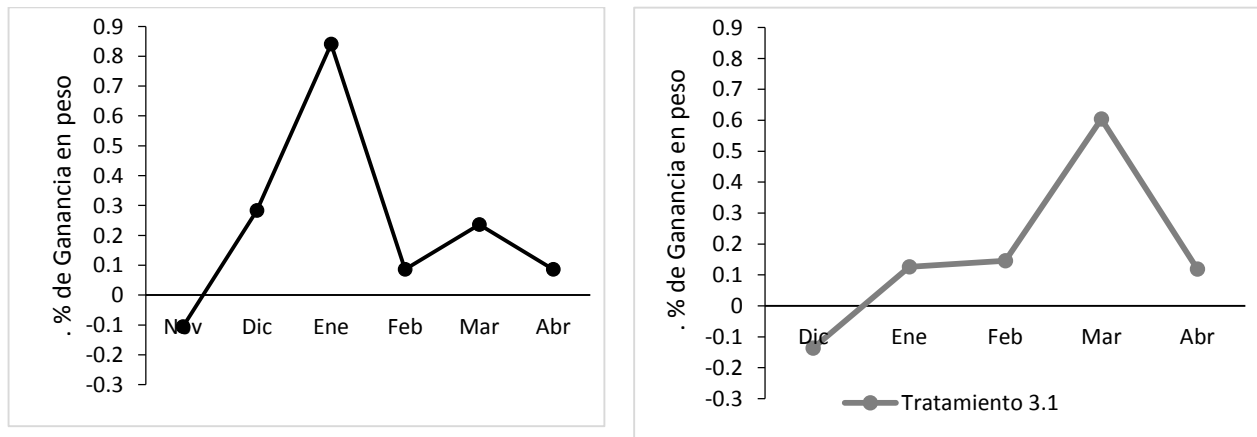


Figura 30. % de Ganancia en peso (%GP)

En la Fig. 31, se muestra la relación entre la temperatura y la TCE en talla, las cuales se comportan de manera inversa, mientras que en la figuras 32, la temperatura y la TEC tiene una relación de incremento al inicio del experimento para posteriormente presentar una relación inversa hacia el final del estudio.

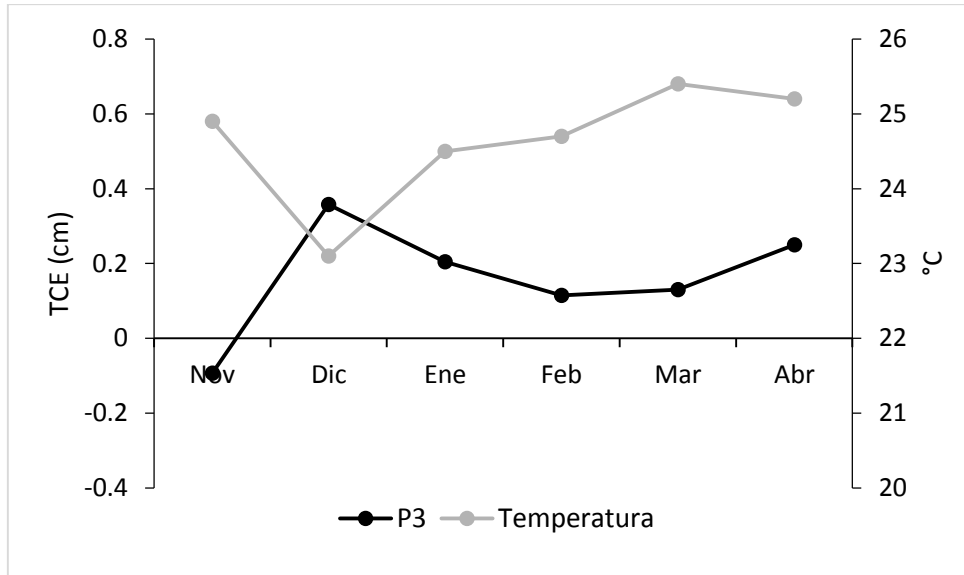


Figura 31. TCE de Lt y temperatura para el P3

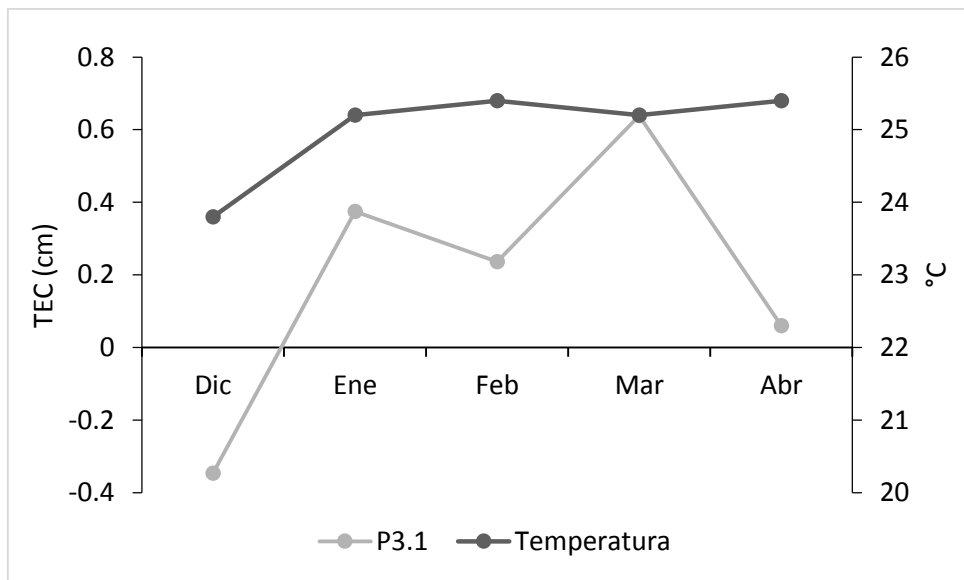


Figura 32. Variación de la TCE en talla y temperatura para P3.1

En P3 el valor de K se mantuvo por arriba de 1, lo que indica que durante todo el estudio se presentan condiciones adecuadas para el crecimiento de los organismos; por otra parte, P3.1 solo en el mes de Diciembre y Abril se mantiene por arriba del valor de 1 indicando buena condición; sin embargo, los otros meses los valores indican baja condición para un adecuado crecimiento, ya que se mantuvo siempre por debajo de 1 (Fig. 33).

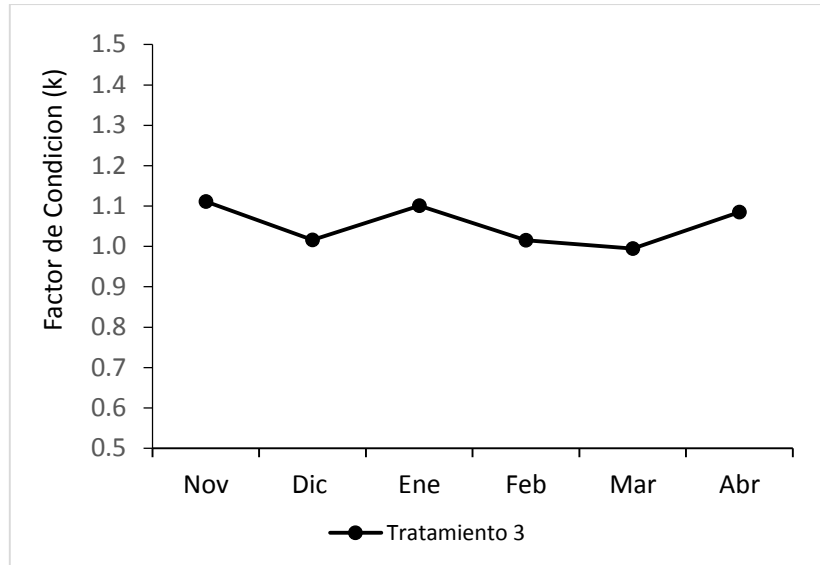


Figura 33. Factor de Condición (K) para P3

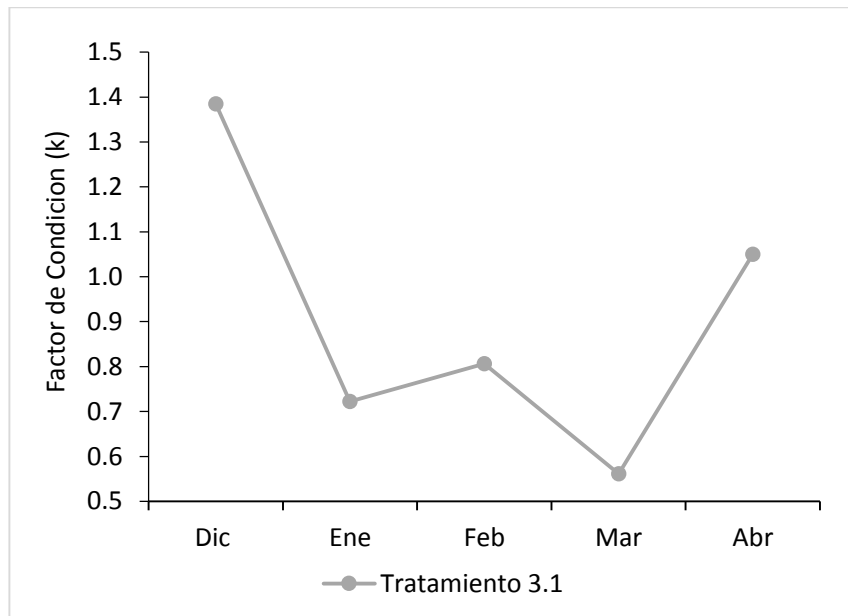


Figura 34. Factor de Condición (K) para P3.1

La temperatura y el valor de K de noviembre a enero se comportan de la misma manera, pero de Enero hasta Abril su relación empieza a ser inversa. En cuanto al oxígeno y la FCA igualmente durante los tres primeros meses tienden a tener una relación inversa, mientras que la K y la FCA de Enero a Abril presentan una relación similar (Fig. 35).

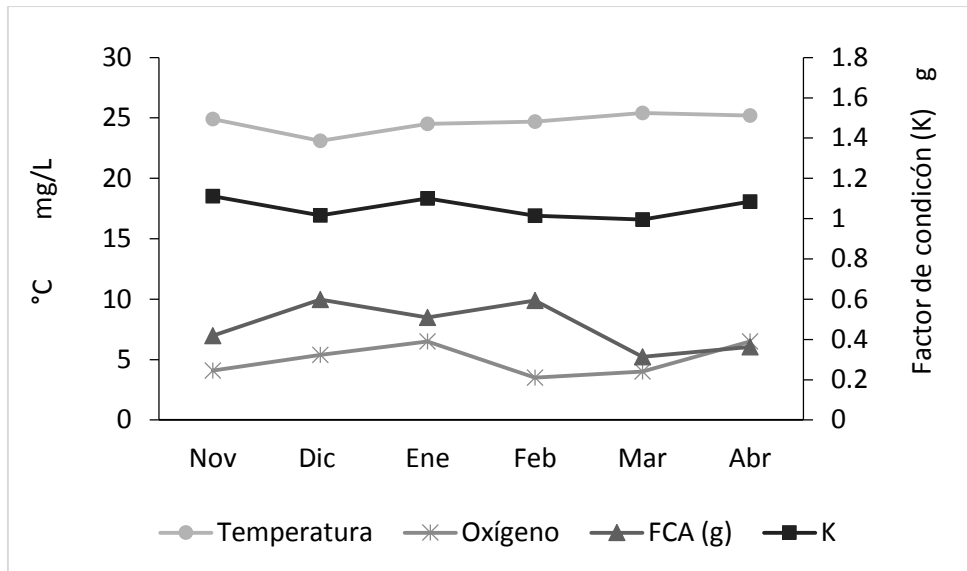


Figura 35. Factores físico-químicos vs. FCA y K para P3

La relación entre la temperatura y el valor de K para P3.1 muestran una relación inversa; por otro lado, el oxígeno y la FCA muestran una tendencia a disminuir en los primeros tres meses y posteriormente se comportan de manera inversa hasta el término del experimento. Tanto el valor de K como el del FCA, durante los meses de Enero a Marzo tienden a ir hacia la baja pero de Marzo a Abril para los datos de K se presenta un incremento considerable.

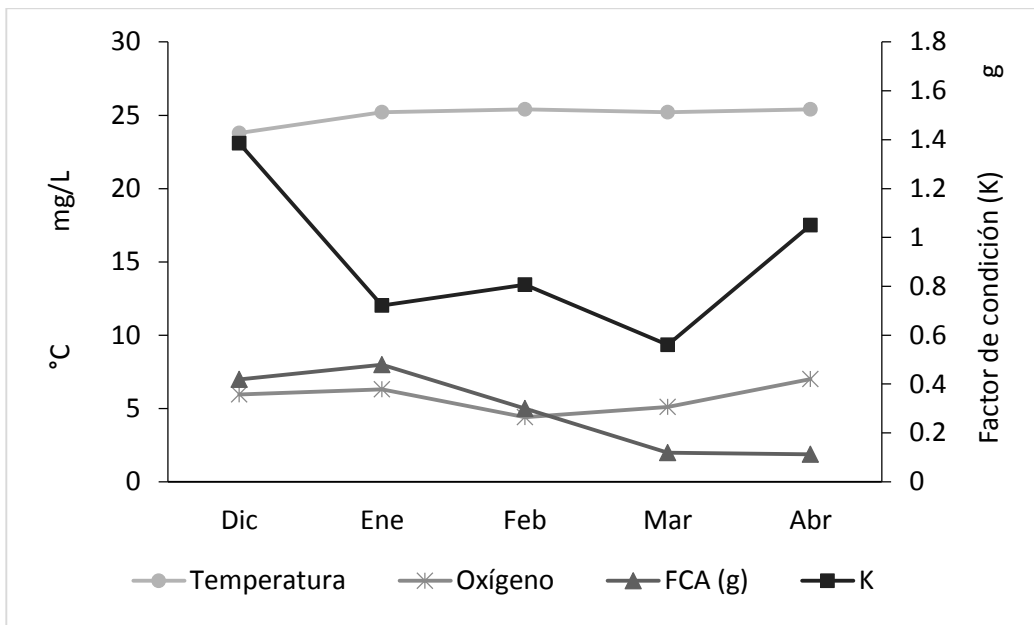


Figura 36. Factores físico-químicos vs. FCA y K para P3.1

5.- Comportamiento del crecimiento en talla y peso del cultivo

Se realizó el diagrama de cajas y bigote de cada tratamiento con su repetición durante los 6 meses que duró el experimento y se observó que el crecimiento fue muy diferente entre los tratamientos ($H=204.3$; $p=0.000$) entre ellos (Fig. 37). Por lo tanto, para los resultados se trabajaron de manera independiente.

Para el alimento Tetraperez (T1; Fig. 37) se observa que la Lt no presenta una gran dispersión, obteniendo que para finales del experimento todos los organismos rebasan los 5 cm, en comparación con el T1.1 el cual muestra que los organismos se encuentran concentrados en longitudes entre 2 y 3 cm durante los primeros meses, pero conforme avanza el experimento va aumentando paulatinamente la talla, obteniendo finalmente organismos entre 4 y 6 cm de longitud total (Lt). Por medio de la prueba U de Mann-Witney se encontró que el crecimiento en talla de estos organismos es significativamente diferente ($W= 38160.0$; $p= 0.009$).

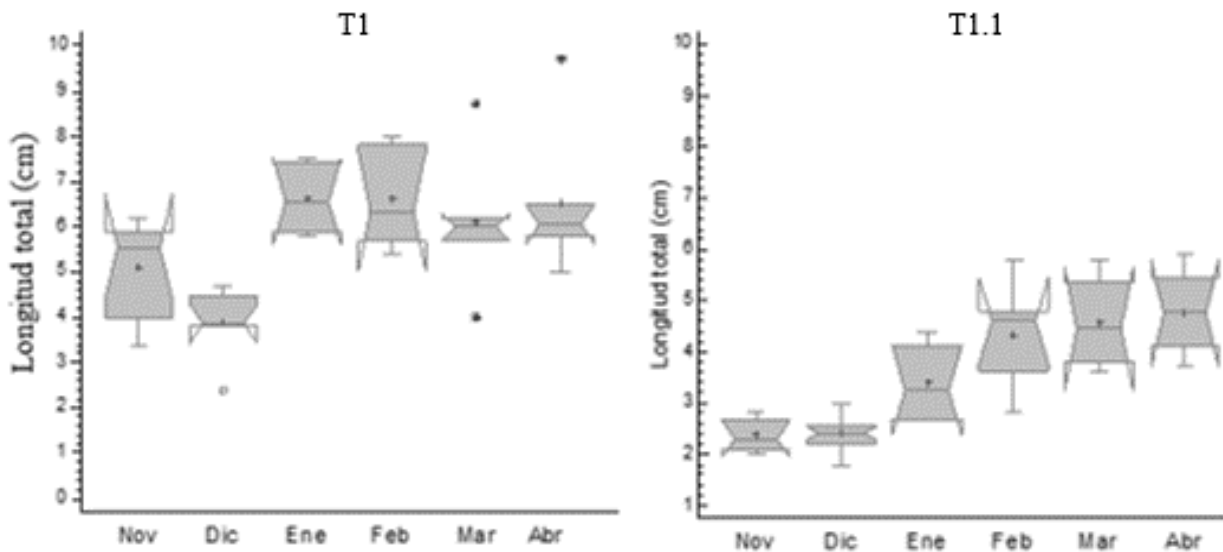


Figura 37. Comparación del crecimiento entre tratamientos del alimento T1 y T1.1

Para HV2 se observa una mayor dispersión de los datos, aunque la Lt máxima se alcanza alrededor de los 12 cm mientras que para la repetición esta marca llega a ser superada con valores máximos de 13.5 cm. Es necesario mencionar que las tallas de inicio utilizadas fueron mayores que para T1 pero no así para el T3 y sin embargo, el incremento de la talla durante el cultivo fue de 8 cm en comparación con el T1 que solo incremento 5 cm (Fig. 37). En este caso, la longitud total del tratamiento 2 VS el tratamiento 2.1 ($W= 36437.5$; $p= 0.256$) no fueron diferentes.

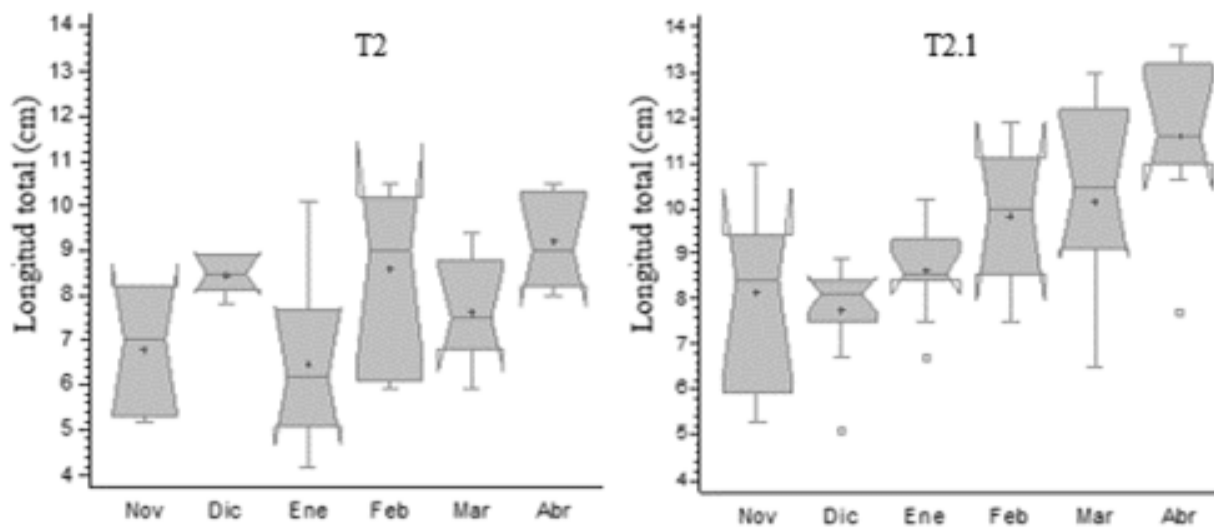


Figura 38. Comparación del crecimiento entre el alimento elaborado

La dieta 3, registró un incremento paulatino en talla de los organismos durante el experimento hasta alcanzar los 15 cm, a diferencia de P3.1 cuyos datos presentan saltos muy variados de un mes a otra sin tener un crecimiento constante. Cabe mencionar que la talla de inicio de crecimiento fue de 9 cm en promedio y al terminar el experimento se logró un incremento de 6 cm en promedio (Fig. 39). El crecimiento en este tratamiento fue más constante a través del tiempo; a pesar de ello ($U= 31137.5$; $p= 0.0002$) el crecimiento es diferente.

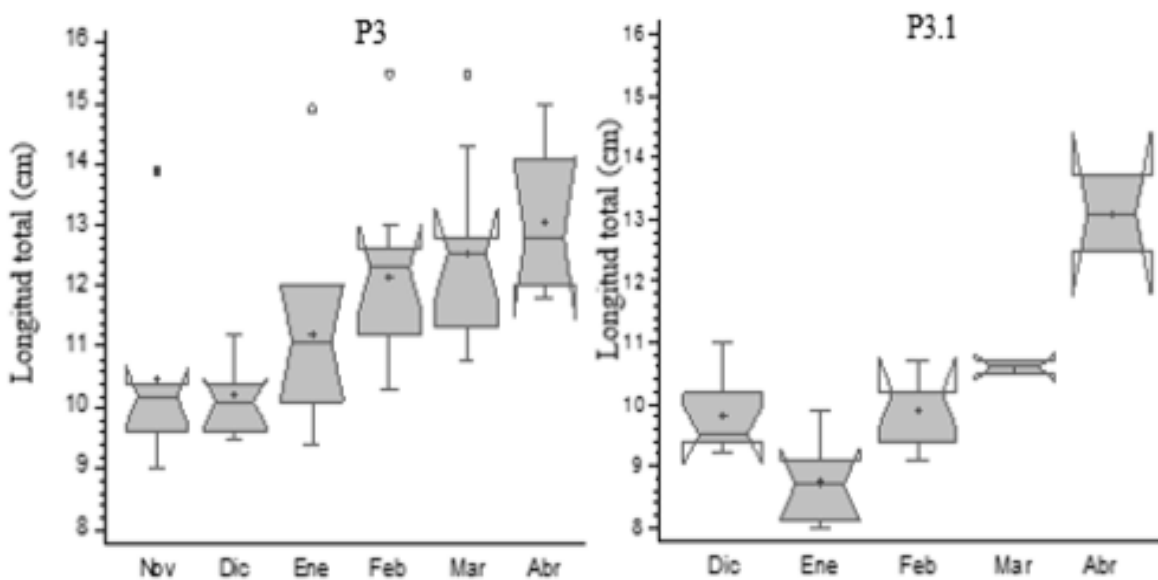


Figura 39. Comparación del crecimiento en talla para el alimento El pedregal y su repetición

En cuanto al crecimiento en peso de los organismos existe una diferencia muy marcada entre los tratamientos ($H=202.7$; $p= 0.000$); el tratamiento 1 tiene una dispersión de datos muy amplia durante los meses de Enero y Febrero, mientras que en Noviembre, Diciembre, Marzo y Abril esta se reduce obteniendo organismos con pesos de entre 2 a 4 g al final del experimento; esto a diferencia de la repetición donde durante los dos primeros meses los organismos se encuentran concentrados en pesos muy pequeños menores a 1 g, pero conforme se desarrolló el experimento la ganancia en peso fue paulatina, sin embargo, no fue adecuado el resultado. Con respecto a estas diferencias, estadísticamente se comprobó ($W=38160.0$ $p= 0.009$) que la ganancia de peso fue diferente (Fig. 40).

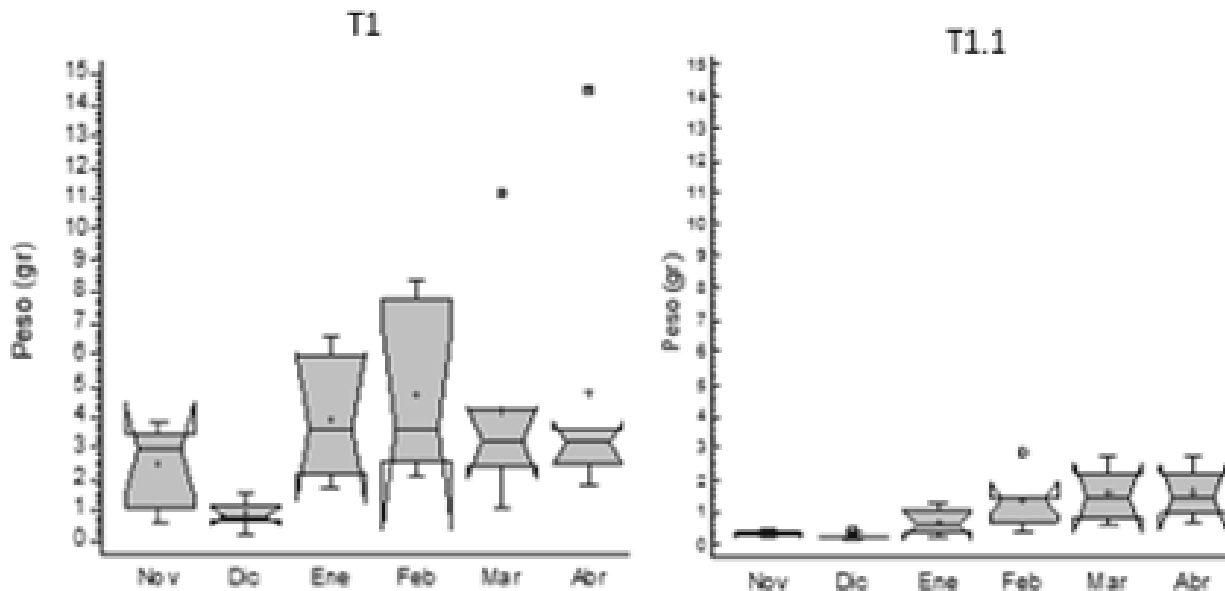


Figura 40. Comparación de la ganancia en peso entre T1 y T1.

En el caso de el alimento elaborado, se alcanzaron pesos máximos de 25 g, mientras que la repetición mostró mayor incremento pero la dispersión de los datos se mantienen a lo largo de los 6 meses, aquí el intervalo de pesos se encuentran desde los 7 g aproximadamente hasta los 45 g, al igual que en la Lt, la ganancia en peso ($W=36437.5$; $p= 0.256089$) no fue diferente (Fig. 41).

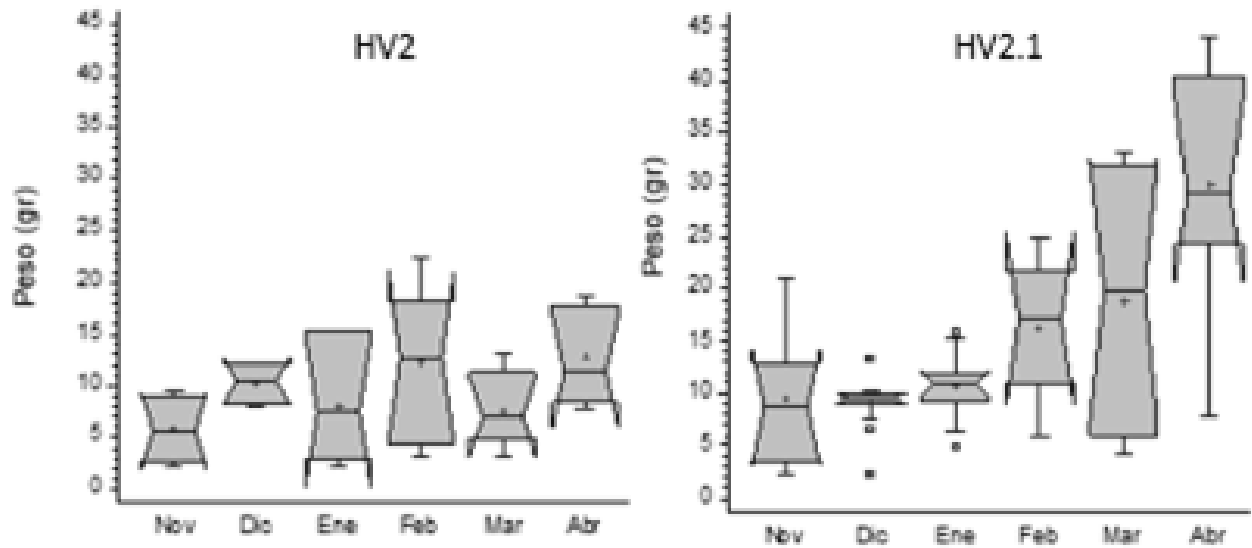


Figura 41. Comparación de la ganancia en peso entre tratamientos con 34 % de proteína y su repetición

P3 fue el que alcanzó los pesos más altos, llegando cerca de los 60 g, la dispersión de los pesos de los animales aún es grande pero menor a la de los otros tratamientos, ya que se presentan peces un tanto rezagados en pesos de aproximadamente 25 g, el incremento del peso se dio de manera paulatina. Contrario a esto, P3.1 mostró valores en donde los pesos son menores a 25 g y se mantienen casi constantes hasta el último mes en donde se da un incremento que supera los 30 g; los organismos en estos tratamientos ganaron peso de manera diferente a lo largo del experimento ($W= 31137.5$; $p= 0.000$) (Fig. 42).

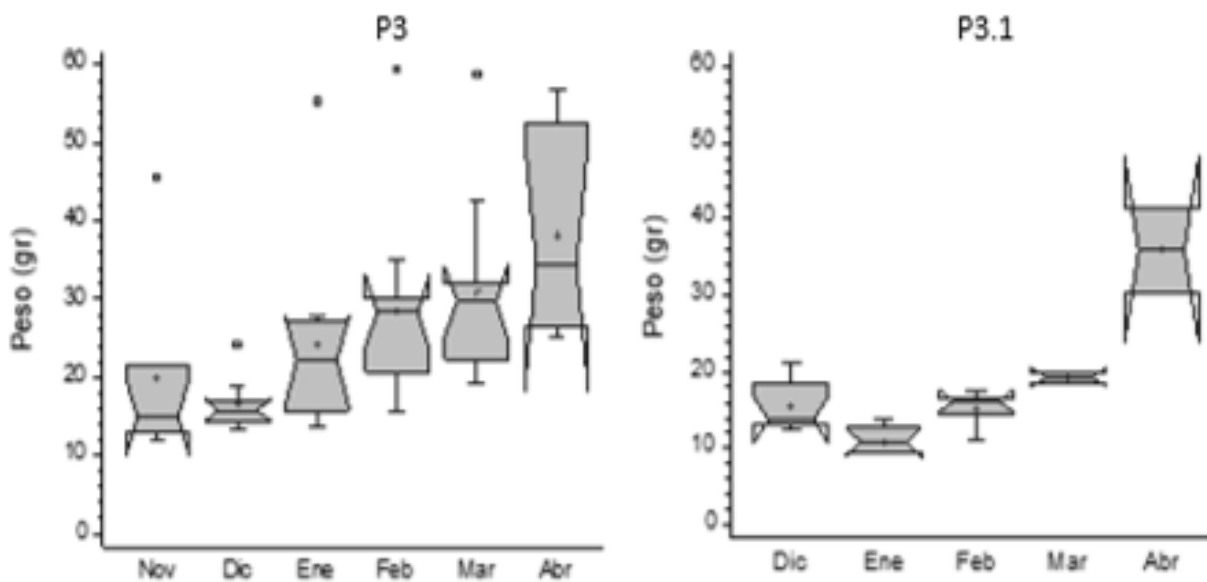


Figura 42. Comparación de la ganancia en peso entre dietas de El Pedregal.

Por parte de los factores de crecimiento el factor de condición (K) con las tasa de crecimiento específica (TEC del peso), el porcentaje de ganancia en peso (%GP) y la TCE del peso, las TCE tanto en peso como en longitud total, el factor de conversión alimenticia con K, así como el K y el % GP y TCE de la longitud con K, presentaron diferentes comportamiento entre ellos.

6.- Relación Peso-Longitud total

Para T1 (Fig. 43) se obtuvo un valor de pendiente de 3.06 con lo cual se puede decir que los organismos presentaron un crecimiento de tipo alométrico positivo. La mayoría de los organismos tuvieron pesos bajos y no lograron superar a los 10 cm de Lt, con excepción de un solo pez el cual superó los 10 g de peso.

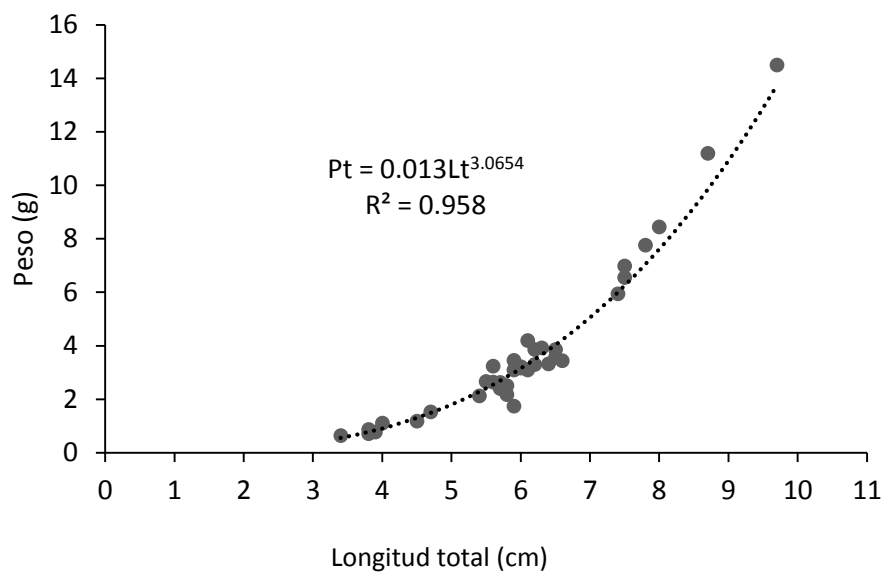


Figura 43. Relación peso longitud para T1

En T1.1 (Fig. 44) se obtuvo un valor de pendiente de 2.56, con ello se puede decir que el crecimiento tiene un comportamiento alométrico negativo contrario a T1 y la mayoría de los organismos se encontraban debajo de los 3 cm de Lt y no superaron el 1 g de peso.

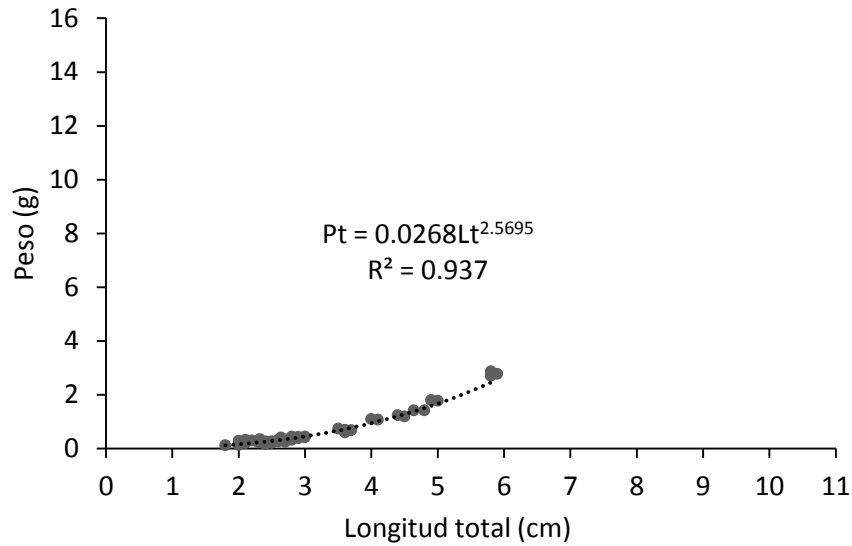


Figura 44. Relación peso longitud para T1.1

Se puede observar tres bloques en los que se agruparon los organismo, el primero en intervalo de alrededor 2 a 3 cm de Lt, el segundo de 3.5 a 5 cm y el tercero de alrededor de 6 cm de Lt siendo estos los que presentan los pesos más grandes.

Con un valor de b de 2.86 el comportamiento del HV2 (Fig. 45) se podría decir que es alométrico negativo, se observa un grupo con una mayor dispersión en cuanto a la longitud total de los peces, registrando tallas desde los 5 cm hasta casi los 10 cm de Lt y otro de aproximadamente 10.5 a 11 cm de Lt.

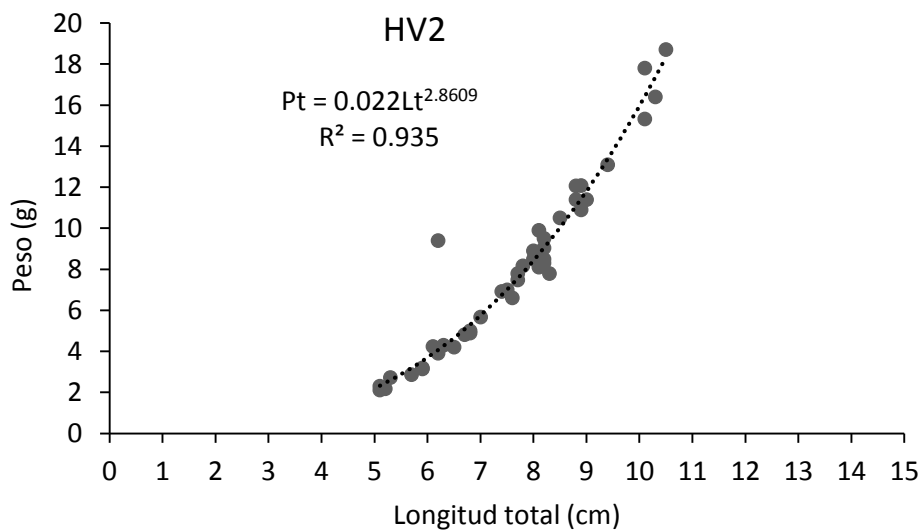


Figura 45. Relación peso longitud para HV2

La dieta HV2.1 (Fig. 46) presentó un crecimiento alométrico negativo, la dispersión del crecimiento y ganancia en peso de los organismos es mayor, teniendo tallas desde 5 hasta casi 14 cm de Lt, así como pesos por debajo de los 5 g hasta organismos con casi 45 g.

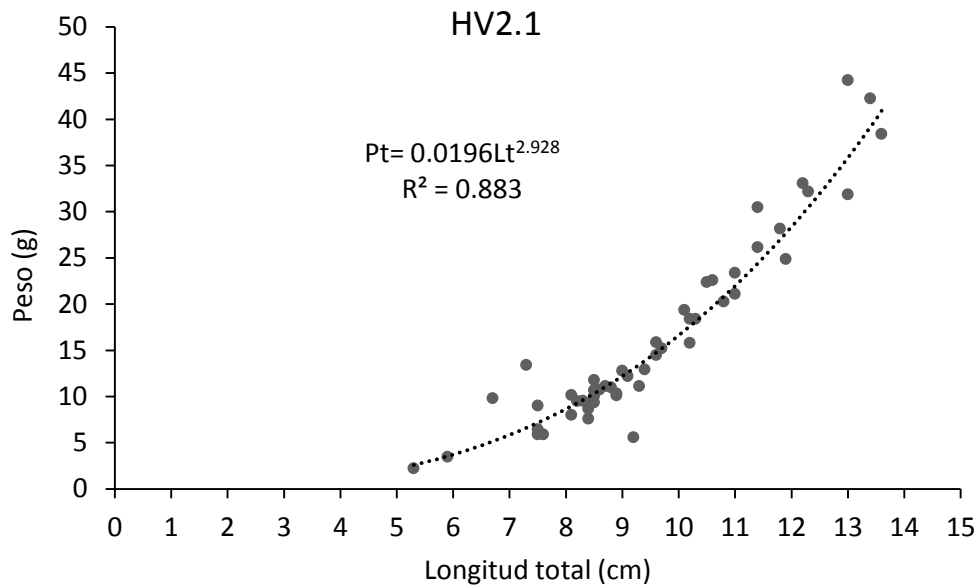


Figura 46. Relación peso longitud para HV2.1

Para P3 (Fig. 47) los organismos mostraron un crecimiento alométrico positivo, la dispersión de las tallas se concentra mayormente de los 9 a los 13 cm, teniendo solo pocos organismos después de los 14 cm, estos últimos superaron los 50 g de peso.

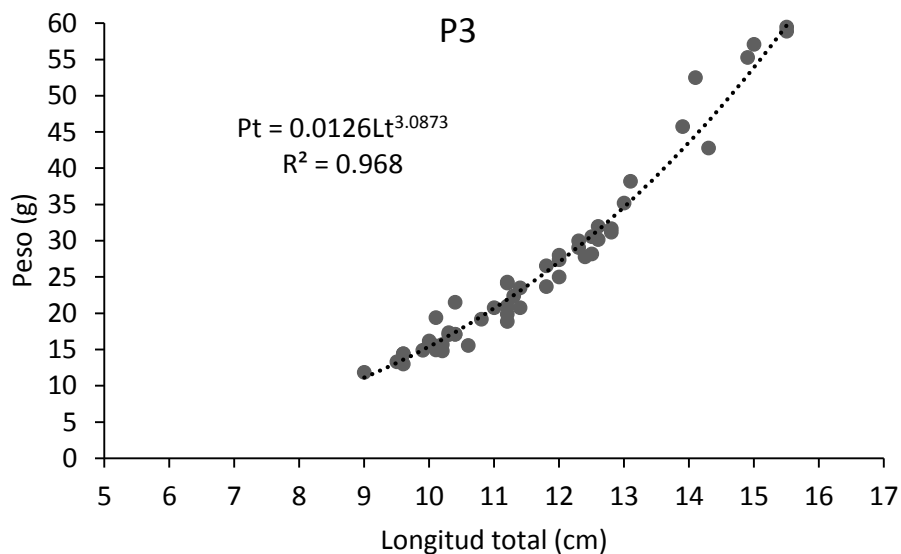


Figura 47. Relación peso longitud para P3

Con un valor de b de 2.84 para el tratamiento 3.1 (Fig. 48) se podría hablar de un crecimiento de tipo alométrico negativo, solo hay dos organismos que alcanza tallas superiores a 10 cm, el primero con una L_t de casi 13 cm y el segundo alcanzo los 14 cm con pesos mayores a 40 g.

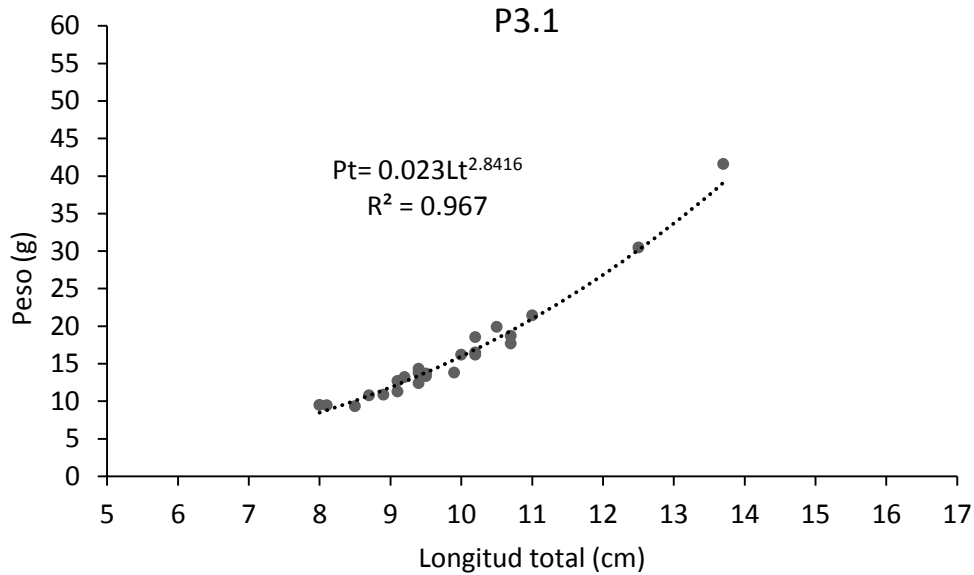


Figura 48. Relación peso longitud para P3.1

Para comprobar que el tipo de crecimiento fuera isométrico o alométrico se realizó la prueba t-student, obtenido los siguientes resultados (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de las constantes de la regresión entre la L_t y el peso total para *O. niloticus*

Tratamiento	a	b	r^2	t_{obs}	t_{cal}
1	0.013	3.0654	0.9581	0.58	1.6909
1.1	0.0268	2.5695	0.9376	4.32	1.6802
2	0.022	2.8609	0.9352	8.423	1.6839
2.1	0.0196	2.928	0.8835	3.857	1.6766
3	0.0126	3.0873	0.9682	2.654	1.6759
3.1	0.023	2.8416	0.9677	20.666	1.7171

Siguiendo el criterio de que si el valor de b es diferente de 3 si t_{obs} es más grande que el valor de tablas de t , tenemos que el tratamiento 1 es el único que presenta un crecimiento de tipo alométrico pero con tendencia a la isometría, mientras que el tratamiento 1.1, 2, 2.1 y 3.1 tienen un crecimiento alométrico negativo y el tratamiento 3 un crecimiento alométrico positivo.

7.- Promedio de crecimiento y ganancia en peso

Los organismos de *O. niloticus* que estuvieron bajo el tratamiento 1, con un 27 % de proteína, obtuvieron en promedio durante los 6 meses de experimentación un mayor crecimiento en talla (Longitud total), el peso fue incluso más bajo que el crecimiento en la longitud patrón. Por lo tanto se puede decir que los organismos estaban creciendo más de lo que se encontraban ganando peso (Fig. 49).

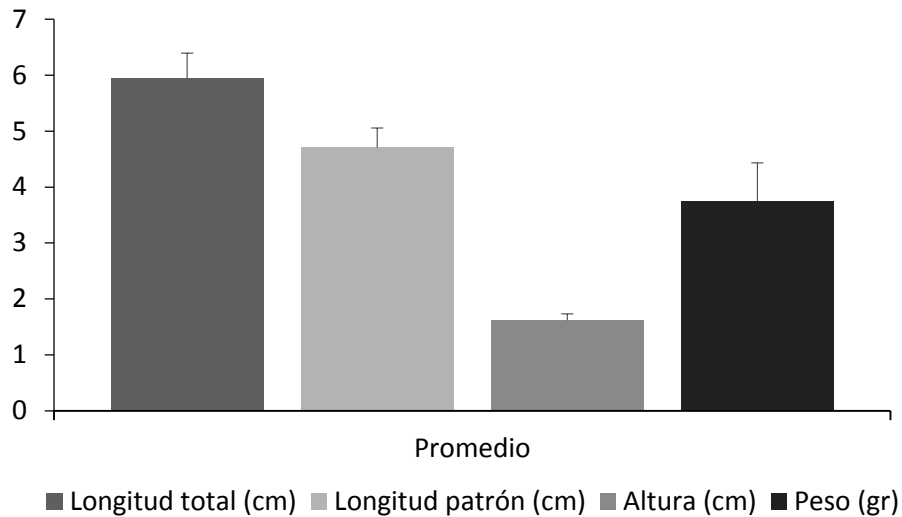


Figura 49. Promedio \pm error estándar para la biometría del T1

Para el T1.1 (Fig. 50) se obtuvieron pesos muchos menores que en el T1, aquí nuevamente los organismos destinan sus nutrientes principalmente a tener un crecimiento en talla que en peso, esto porque las crías tiene a incrementar más en talla que peso.

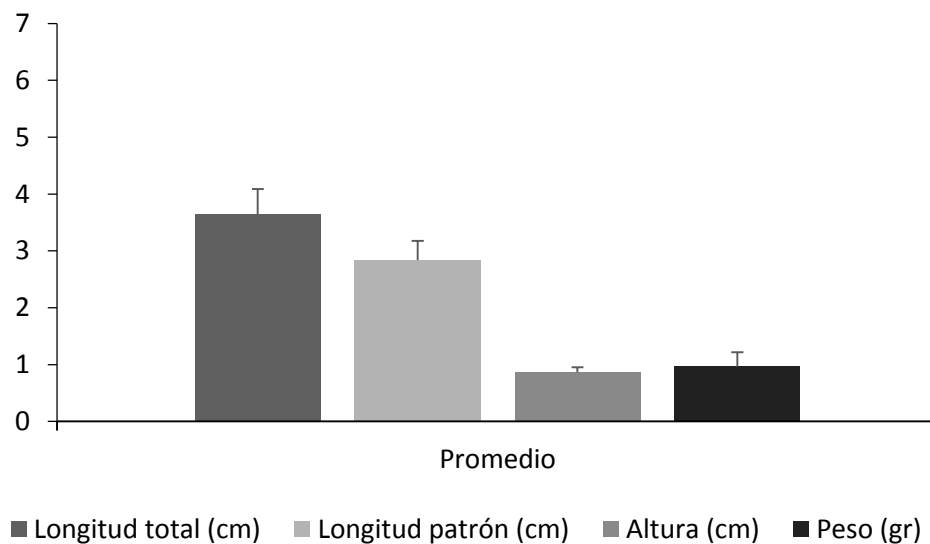


Figura 50. Promedio \pm error estándar para la biometría del T1.1

En los peces de HV2 con un 34% de proteína (Fig. 51) la Longitud total y la Longitud patrón tenía un comportamiento muy similar, se puede observar que existe muy poca diferencia entre ellas, pero a diferencia de los tratamiento con un 27 % de proteína se observó una mayor ganancia en peso que en talla.

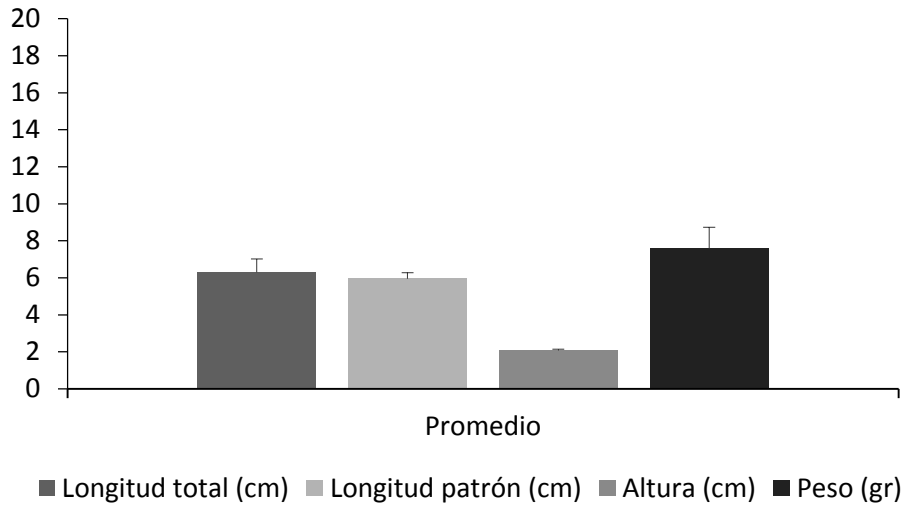


Figura 51. Promedio \pm error estándar para la biometría de HV2

En la repetición (Fig. 52) hay una diferencia un tanto más marcada entre la longitud total y la longitud patrón, pero nuevamente se observó una mayor ganancia en peso que en talla.

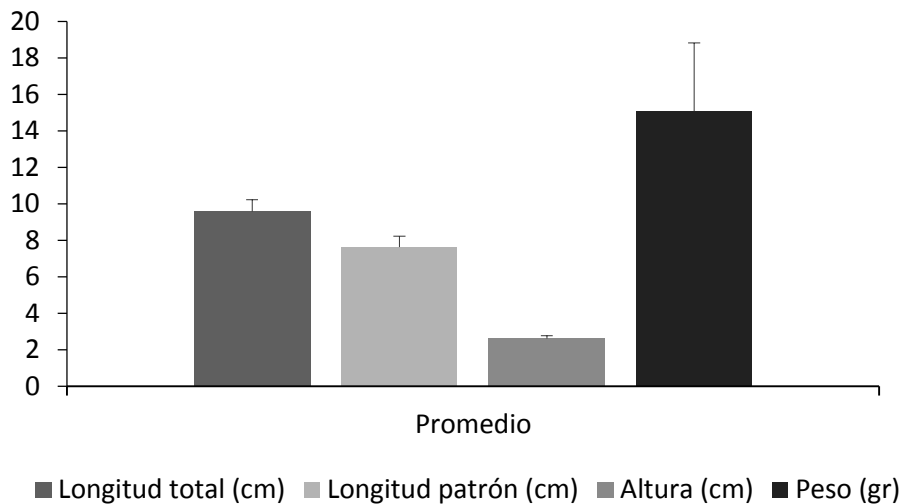


Figura 52. Promedio \pm error estándar para la biometría de HV2.1

En el experimento con un 45 % de proteína (Fig. 53) se observa que la ganancia es mayor en peso, ya que en promedio se alcanzó alrededor de 30 g, la talla de los organismos también se incrementó a comparación de los otros tratamientos, además que de las tallas de inicio de crecimiento fueron mayores que para los otros experimentos como se observa de la figura 42 ala 47.

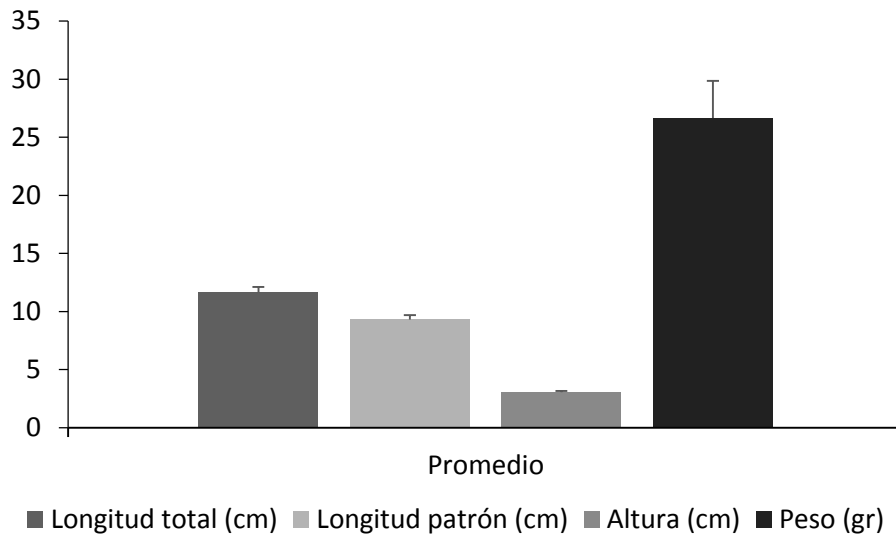


Figura 53. Promedio \pm error estándar para la biometría de P3

En la repetición del tratamiento con el alimento el Pedregal (Fig. 54), se alcanzaron pesos menores que en el tratamiento 3, pero mayores a los demás tratamientos, para este grupo de organismos la longitud total y la longitud patrón manejan un comportamiento similar en promedio.

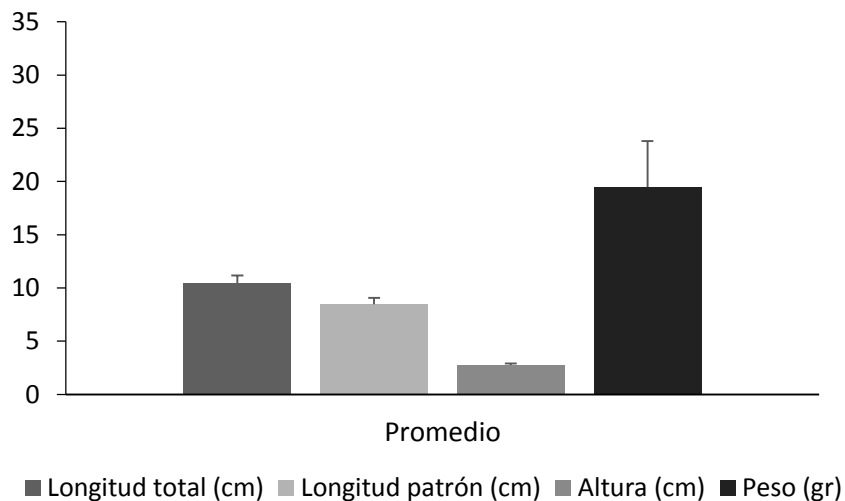


Figura 54. Promedio \pm error estándar para la biometría del P3.1

8.- Correlaciones

En las dietas administradas con alimento Tetraperez las variables que presentaron relación significativa fueron la Longitud total y la temperatura ($r=0.92$; $p=0.0381$). La repetición de este tratamiento presento mayor relación entre las variables, siendo estas Longitud total y Factor de Conversión Alimenticia con ($r=-0.98$; $p=0.0275$), la temperatura y la tasa de crecimiento especifica ($r= -0.88$; $p=0.0476$), el oxígeno disuelto y la TCE ($r=0.92$; $p=0.0381$) y finalmente la TCE con el Factor de condición ($r= -0.94$; $p=0.0350$).

Para el alimento elaborado (34 % de proteína), en los organismos de esta dieta no se presentó relación entre ninguna de las variables, mientras que en HV2.1, se observó una relación inversa entre la variables de Longitud total y Alcalinidad con una ($r= -1$; $p=0.0000$), Longitud total y dureza con valor de ($r=0.88$; $p=0.0476$), dureza y temperatura con ($r=0.94$; $p=0.0350$), así mismo la dureza y la alcalinidad presentaron una relación inversa de ($r= -0.88$; $p=0.0476$).

Por último, en P3 la temperatura con la alcalinidad presentaron una relación inversa con un valor de ($r= -0.94$; $p=0.0350$), la temperatura y el Factor de Conversión Alimenticia ($r= -0.94$; $p=0.0350$) de igual manera con una relación inversa, así como la FCA y la alcalinidad con un valor de ($r=0.88$; $p= 0.0476$). Así mismo las variables que presentaron una relación en P3.1 fueron la FCA y la longitud total siendo esta negativa ($r= -1$; $p=0.000$), con estos mismo valores se maneja la relación de la TCE y le factor de condición.

DISCUSIÓN

En la acuicultura, el principal factor que hay que tomar en cuenta es la calidad del agua, la cual debe estar en intervalos favorables para inducir el crecimiento, la maduración y la reproducción de los organismos. La concentración de compuestos químicos, así como la temperatura, el alimento y el fotoperiodo dan como resultado el éxito en el cultivo de peces. Por lo tanto, en este estudio la evaluación de los factores ambientales registrados permiten considerar que el crecimiento de los organismos no fue afectado por estos y si probablemente por otras razones biológicas inherentes al cultivo.

Los valores de la concentración del oxígeno (OD) disuelto asociados a las dietas registraron un promedio para los tres tratamientos de 5.7 mg/L, valor adecuado si se considera que el intervalo óptimo para esta especie es de 5.0 a 9.0 mg/L (Saavedra, 2006), por lo cual se puede considerar que en las tres dietas utilizadas en este experimento, los datos de OD se mantuvieron dentro de los límites óptimos. Niveles por debajo de los establecidos para la especie pueden causar disminución en la tasa de crecimiento, inapetencia, letargia y susceptibilidad a enfermedades (Cedrón y Salas, 2003). Además, se ha reportado que *O. niloticus* puede vivir en condiciones ambientales adversas debido a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD). Ello se debe a la capacidad de su sangre de saturarse de oxígeno cuando la presión parcial de este último baja. Asimismo, este organismo puede reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio inferior a 3 mg/L (Arredondo y Ponce, 1998).

Por otra parte, Granado (2002) menciona que la concentración mínima de OD para no alterar los procesos metabólicos es de 2.1 mg/L y Wedemeyer (1996), señala que el nivel de oxígeno disuelto para los peces de climas cálidos debe de encontrarse por arriba de los 4 mg/L. Morales (1991) cita que los valores deben de estar por encima de los 5 mg/L para que los procesos naturales de reproducción y crecimiento se lleven a cabo de manera óptima.

Los valores reportados en este trabajo fueron bajos de acuerdo a lo reportado por Chakraborty y Banerjee (2010) y por Gómez-Márquez *et al.* (2015), pero se encuentran dentro del intervalo reportado por Arredondo y Ponce (1998) y Granado (2002), por lo cual se puede considerar que este factor fue adecuado para el cultivo por los niveles registrados.

Con respecto a los valores de pH, éste debe de estar entre 7 y 8 para favorecer el desarrollo de la productividad natural del estanque (PRODUCE, 2004). En los acuarios el pH del agua se mantuvo casi constante durante el experimento con un promedio de 8.4 unidades. Arredondo (1993), Cabañas (1995), Arredondo y Ponce (1998) y Saavedra (2003) mencionan que en general

los sistemas que presentan intervalos de pH entre 6.5 y 9.0, son las más apropiadas para la producción de peces, ya que por encima o debajo de estos valores habrá complicaciones en los peces, lo que disminuirá la producción. Valores extremos de pH, cercanos a 5 o 10 disminuye el crecimiento, reduce la eficiencia en la reproducción, aumenta la exposición a enfermedades y disminuyen el apetito de los peces. También causa estrés en los organismos especialmente en ciertos órganos como las branquias.

Los datos de pH utilizados en las dietas se mantuvieron constantes durante el experimento, estos fueron ligeramente alcalinos pero nunca rebasaron los niveles óptimos establecidos. Por lo tanto, el pH no representa un factor que intervenga en el crecimiento de los organismos. Los valores fueron similares a los reportados por Gómez-Márquez *et al.* (2015) para el cultivo de *O niloticus* monosexo en condiciones de la ciudad de México.

Estudios realizados en la Ciudad de México como el de Saucedo (2008) en estanques de concreto, reportan un bajo crecimiento en organismos cultivados en las mismas condiciones que el presente estudio. Lo anterior indica que hay una serie de factores que pueden afectar los procesos metabólicos que influyen el crecimiento, entre ellos la temperatura, lo cual se traduce en un bajo rendimiento de los cultivos realizados con estas características.

Para evitar que en este trabajo la temperatura representara un factor limitante para el crecimiento, se mantuvo una temperatura constante durante el tiempo de experimentación, su valor fue de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, temperatura seleccionada de acuerdo a los límites óptimos para el crecimiento de los organismos. El rango óptimo para el cultivo de las tilapias fluctúa entre los 25 y los 32°C (Saavedra, 2003). Las tilapias pueden tolerar temperaturas mínimas de $7-10^{\circ}\text{C}$, pero únicamente por periodos cortos de tiempo, su alimentación se reduce con temperaturas por debajo de los 20°C y dejan de comer a 16°C . Contrario a estos límites mínimos, las tilapias generalmente soportan límites máximos de temperatura en el agua de $40-42^{\circ}\text{C}$ (El-Sayed, 2006).

Dentro de los parámetros de la calidad del agua se consideraron a la alcalinidad y la dureza total; en promedio la alcalinidad promedio registrada fue de 275 mg/L CaCO_3 . Esta representa la capacidad del agua a resistir cambios bruscos de pH y equivale a la concentración total de carbonatos y bicarbonatos en el agua mientras, ya que entre más alta sea la alcalinidad, más estable es el pH del agua (Poot, 2009).

La alcalinidad total estuvo en niveles por arriba de lo establecido para este organismo, pero de acuerdo a Arredondo (1986; citado en Gómez-Márquez *et al.*, 2014) en aguas naturales los niveles de alcalinidad total pueden ir de menos de 5 mg/L hasta más de 500 mg/L , pero en estanques acuícolas la alcalinidad varía entre 200 y 300 mg/L . Debido a esto, este parámetro también se encuentra dentro de las condiciones apropiadas para el desarrollo de los organismos,

además las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total, son consideradas más productivas que las de baja alcalinidad y no existe una relación directa entre la alcalinidad y la productividad, sino que un incremento en la alcalinidad, corresponde a aumentos en la disponibilidad de fósforo y otros nutrientes .

Para la dureza total los valores oscilaron entre 82 y 107 mg/L CaCO₃. Estos valores se encuentra dentro de lo establecido por el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria publicado por SENASICA en el 2008, el cual menciona que los niveles óptimos de dureza total para estos organismos es de 20 a 350 mg/L.

Se ha observado que la dureza del agua afecta a los peces en su mecanismo de osmorregulación. Una dureza incorrecta implica alteraciones en la osmorregulación y a pesar de que la mayoría de los peces de agua dulce tienen la capacidad de adaptarse a un medio diferente, hay que tener en cuenta que implica un esfuerzo adicional y resistencia a enfermedades (Brown, 200). En este caso, la dureza estuvo dentro de los intervalos apropiados para que los organismos tuvieran un buen desarrollo y crecimiento.

De manera general, con respecto a los parámetros físico-químicos se observó que ninguno de ellos puede ser una variable que afectará el crecimiento de los peces, ya que se encuentran dentro del intervalo apropiado para el cultivo de estos peces, permitiendo un óptimo desarrollo. Por otra parte existieron condiciones biológicas que si afectaron a los organismos.

Uno de los factores que tuvieron efecto sobre el crecimiento de los organismos fue la densidad de siembra. En las dietas se ocuparon 10 organismos por pecera, teniendo entonces 10 peces/30 L. De acuerdo a Beltrán (2016) y Gómez-Márquez *et al.* (2015), la densidad de siembra para este pez debe de ser de 6 orgs/m², tomando en cuenta esto, si se metieron 10orgs/30 L se introdujo una densidad de siembra mayor a la recomendada. Esta situación causó en los organismos competencia en espacio y posiblemente por alimento con base a la ración que se estableció.

Conte *et al.* (2008) enmarcan que la tilapia es una especie que responde desfavorablemente a densidades de población altas y evaluaron en embalses en el sur de Brasil, tomando una perspectiva económica y productiva que la densidad óptima debería de ser de 16 orgs/m³.

En un cultivo se considera como factor importante la densidad de siembra, ya que la cantidad de organismos presentes afecta directamente el crecimiento y la eficiencia alimenticia, de acuerdo a lo descrito por Ming y William (1992). En general múltiples estudios señalan que hay

mejores rendimientos en cultivos donde hay una menor densidad, pues hay una menor competencia por espacio, alimento y menor estrés de los organismos (Siddiqui *et al.* 1989; Liti *et al.* 2005; Florence y Harrison, 2012).

Ming y William (1992), mencionan que la densidad de siembra es un factor fundamental que afecta directamente el crecimiento de la tilapia, ya que cuando hay una mayor densidad, los organismos presentan menores tasas de crecimiento, lo cual se traduce en el deficiente crecimiento de los peces en los estanques a pesar de tener una mejor alimentación. Es un hecho que a cierta talla sobre todo cuando el organismo madura e inicia su etapa reproductiva, el macho marca su territorio y se vuelve agresivo, mientras que las crías utilizan su energía para completar los cambios morfológicos y por lo tanto son menos agresivas. Greaves y Tuene (2001) citan que en los cultivos a densidades elevadas se puede incrementar la tensión y generar interacciones agresivas entre los individuos.

Una de las consecuencias en este experimento de la alta densidad de carga, se observó en los acuarios, en donde se de una gran dispersión de valores de talla y peso obtenidos. Para las dieta con Tetraperez, no se observa la dispersión de los datos tan grande en cuanto al número de organismos, esto debido a que solo es uno él que destaca, dejando a los demás miembros en un promedio de 6 cm de longitud total y él organismo que alcanzo la talla mayor fue de 10 cm aproximadamente.

Además de ser una consecuencia de la carga del acuario, se presentaron comportamientos de jerarquización (factor social), motivo por el cual solo un organismo sobresalía del resto. En la repetición del tratamiento Tetraperez no se observó este problema en cuanto a jerarquización así como tampoco amplia dispersión de la talla.

Las dietas en las que se presentaron mayor dispersión de los pesos y tallas de los organismos fueron HV1 y HV1.1, en ambas dietas se tienen peces con tallas y pesos muy bajos (4 cm y 5 gr) y muy altos (13.5 cm y 45 gr). Hay que considerar que estas fueron las dietas con mayor supervivencia (> 70 %) por lo tanto, la competencia fue incrementando conforme los organismos iban creciendo.

En la dieta de El pedregal, el intervalo en talla no es tan amplio, mientras que con respecto al peso, la amplitud de los pesos es grande, teniendo peces con poca biomasa (de 5 a 10 g) hasta muy grandes (60 gr).

Como se mencionó líneas arriba, la variación observada en peso en este estudio, también puede ser explicada por el establecimiento de la jerarquía durante la alimentación en los peces. Los individuos dominantes dentro de una población pueden consumir mayor cantidad de alimento y tener un rápido crecimiento, dejando menos alimento para los organismos menos

dominantes lo cual conduce a que tengan un lento crecimiento y por lo tanto, baja biomasa; para evitar este aspecto, se decidió que el alimento fuera suministrado en diferentes áreas del acuario para garantizar el consumo por todos los animales en cada unidad experimental. Las Interacciones jerárquicas entre los peces fue evidenciado por la variación en talla (pocos grandes y gran número de pequeños) de los peces que finalizaron en el experimento. Algunos peces como la tilapia son muy agresivos y territoriales, esto no es una respuesta a la sobrepoblación, sino una característica innata de los cíclidos (Arredondo y Lozano, 2003). Similares resultados fueron reportados por Vera-Cruz y Mairb (1994).

Otro factor que tiene que ver con el cultivo en los acuarios es que no fue monosexo (machos revertidos); por tal motivo, algunos organismos presentaban conductas de apareamiento, lo cual no permitía que la ingesta de proteínas se destinara exclusivamente al crecimiento, si no que parte de ella también se ocupara en los rituales de apareamiento.

Durante el desarrollo de los organismos, estos mostraron un crecimiento de tipo alométrico similar al que se observa generalmente en condiciones naturales, donde los organismos están sujetos a la depredación y competencia, generando una necesidad de incrementar en talla para evitar estos factores, así como también por la baja disponibilidad de alimento en cantidad y calidad (Gómez, 2002). Debido a que los organismos cultivados estuvieron bajo condiciones de laboratorio, estos no se vieron expuestos a tales factores; sin embargo, puede ser un factor que genera un crecimiento distinto entre los peces, ya que desde el punto de vista ecológico la mayoría de las especies de peces presentan este tipo de desarrollo.

Por lo tanto, el crecimiento de tipo alométrico negativo registrado en la mayoría de las dietas indica que los cambios en talla y peso no son uniformes a través del tiempo y que el crecimiento es afectado además de los factores descritos líneas arriba, por la disponibilidad del alimento, la competencia intraespecífica, así como por las variaciones en la calidad del agua que se ha registrado en los sistemas de cultivo como ha sido reportado por Gómez (2002).

En los cultivos acuícolas la nutrición es uno de los aspectos más importantes que se deben de tomar muy en cuenta, ya que de ella depende el éxito de una producción, por lo que el alimento suministrado debe proporcionar los nutrientes necesarios tanto en calidad como en cantidad y a partir de esto, los organismos obtienen la energía y proteínas necesarias para el crecimiento, mantenimiento y producción (Espinoza, 2007).

La tilapia constituye un organismo muy atractivo para su cultivo debido a que tolera un rango amplio de calidad de agua, altas densidades de organismos, resistencia a enfermedades, eficiente conversión de alimentos, rápidas tasas de crecimiento y alta mente aceptable por el

consumidor, lo que la convierte en una especie deseable para el cultivo (El-Saidy y Gaber, 2005). Además, proporcionar las condiciones adecuadas para la engorda de los organismos reduce la posibilidad de desarrollo de enfermedades y consecuentemente del uso de sustancias químicas para su tratamiento.

Con respecto a los indicadores de crecimiento tal como el crecimiento específico y el factor de conversión alimenticia, en todas las dietas el valor promedio para cada uno fueron menores de 1. Siddiqui *et al.* (1989) reportaron valores de 1.81 promedio para el crecimiento específico y 1.86 para el factor de conversión alimenticia. Ibrahim y Naggar (2010), reportan valores para el crecimiento específico de 1.65, en condiciones de policultivo. En general se ha visto que *Oreochromis niloticus* responde favorablemente cuando interacciona con otras especies de peces, incrementando su tasa metabólica y por lo tanto, el crecimiento. De acuerdo esto, los niveles que se manejan en este trabajo son bajos.

Otro indicador importante para el cultivo es el factor de condición, que ayuda a estimar el buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la edad. Este índice ayuda a determinar el nivel de gordura de los integrantes de una población, siendo de gran utilidad al comparar poblaciones de una misma especie (Granado, 2002). En general, los organismos de este estudio tuvieron un factor de condición aceptable sobrepasando la unidad, lo cual refleja un estado de bienestar en los organismos, siendo muy similar para los tres tipos de alimentos utilizados.

El desarrollo de la piscicultura a nivel industrial no ha sido posible sino con el desarrollo y fabricación de “alimentos compuestos”, base de los cultivos intensivos y de algunos cultivos semi-intensivos (Castelló, 2000). En la producción de alimentos para especies acuáticas, han sido investigados la mayoría de sistemas de fabricación de alimentos utilizados en alimentación humana y animal e intentando, de manera equivocada la mayoría de veces, simular lo más posible la dieta del animal en libertad, buscando soluciones sofisticadas, dando como resultado dietas que no siempre garantizan la mejor respuesta del individuo y que, con alta frecuencia, van en detrimento de la rentabilidad del cultivo (Castelló, 2000).

Los peces en condiciones naturales, se alimentan de alimentos ricos en proteínas y pobres en glúcidos y grasas. De ahí que hayan adaptado su metabolismo, en el sentido de que la fuente preferencial para la obtención de la energía sean las proteínas y no los glúcidos. Al ser animales acuáticos presentan un catabolismo “barato” de las proteínas, cuyo producto final es, básicamente el amoniaco (Castelló, 2000).

Las exigencias nutricionales de los alevines de *O. niloticus* son iguales a la de las tilapias en términos cualitativos; sin embargo, en términos cuantitativos, las exigencias son mayores en

peces jóvenes que en adultos (Torres-Novoa y Hurtado-Nery, 2012). Para *O. niloticus* al igual que para los demás peces se deben tomar en cuenta la etapa de desarrollo en la que se encuentran para poder aplicar una buena dieta, en este caso los peces alimentados con Tetraperez tenían pesos no mayores a los 10 gr, ya que el porcentaje de proteína administrado fue de 27%, el cual no dio buenos resultados en cuanto a ganancia de peso y debido a esto se puede concluir que los organismos requerían de un 35 a 40 % de proteína para un mejor crecimiento (El-Sayed, 2006; Lim y Webster, 2006; FAO, 2017); por tal razón los organismos no cubrieron sus necesidades nutricionales, provocando una menor ganancia en peso. A pesar de esto, en este tratamiento se observó un crecimiento con tendencia a la isometría.

En el tratamiento con el alimento balanceado elaborado, los peces registraron pesos promedio de 10 g; con base a estos pesos, la cantidad de proteína debió ser de entre 30 y 40 %, esta dieta contenía 34 % de proteína animal y vegetal, por lo cual se considera adecuada para el desarrollo de los organismos. En ella se obtuvieron pesos mínimos de 2.1 y máximos de 44. 2 g, lo cual los ubica que hubo un buen crecimiento (FAO, 2017; Ctaqua, 2017). Con respecto a estos pesos, se puede decir que los organismos recibieron la cantidad apropiada de proteínas, generando un crecimiento alométrico negativo para esta dieta.

Los organismos en esta dieta aunque se enfermaron fueron menos en comparación con las otras dos dietas de este trabajo, ya que a lo largo del tiempo de experimentación, los organismos que llegaron a morir por enfermedad fueron menos, además en esta dieta se obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia (75 %).

Finalmente para el tratamiento con un 45% de proteína se obtuvieron pesos de 10g como mínimo y máximo de 59.5g. En este caso se les estaba administrando una cantidad superior a la requerida por los peces de acuerdo a FAO (2017) y Ctaqua (2017), la cual debió de ser de 30 a 35 % de proteína, teniendo crecimientos alométrico negativo para el control y alométrico positivo para la repetición.

Las dietas con Pedregal eran las que contenía mayor porcentaje de proteína, y se observó que en efecto, al tener mayor cantidad de proteína, los organismos ganaron mayor talla y peso en menos tiempo, el segundo alimento que tuvo buenos resultados fue el alimento elaborado con base a Hernández-Valencia (2014) con 34% de proteína y por último Tetraperez que tiene 27% de proteína.

Aunque el alimento balanceado El Pedregal se ubicó en el primer lugar con mejores resultados dentro de los 3 alimentos probados en este experimento, en cuanto a la aportación de nutrimentos en el agua, no mantiene esta posición. Obtuvo uno de los valores más altos de alcalinidad, además al ser pura proteína animal la que contiene, su aporte de fósforo y nitrógeno

es mayor que un alimento que contenga proteína vegetal o cierto porcentaje de proteína vegetal y cierto porcentaje de proteína animal (Olvera-Novoa y Olivera-Castillo, 2000). Sus niveles de supervivencia no fueron los mejores y debido a esto al tener una menor densidad de carga por mortandad, los organismos tenían más espacio para desarrollarse y la competencia entre ellos por el alimento era menor.

Por otro lado, el alimento balanceado preparado presentó la mejor supervivencia dentro de estos 3 alimentos del experimento, además de que sus valores de alcalinidad y supervivencia fueron disminuyendo conforme avanzaba el tiempo de exposición al alimento. Esto se debe a que contenía además de la proteína animal una proporción de proteína vegetal (harina de soya y de trigo), lo cual está dentro de lo que recomienda Olvera-Novoa y Olivera-Castillo (2000), debido a que la semilla de soya no solo representa un aporte de proteína sino también de ácidos grasos esenciales cuando se utiliza harina integral sin desengrasar. Esta leguminosa representa una importante alternativa al uso de la harina de 331 pescado; sin embargo, esto ha dado lugar a que inclusive la soya presente los mismos problemas de la harina de pescado debido a su elevada demanda, inestabilidad en su disponibilidad y a su elevado precio, afectando el costo de los alimentos y la economía de los acuicultores.

En último lugar se ubicó el alimento Tetraperez, a pesar de tener el porcentaje de proteína bajo fue el único en mostrar un crecimiento para los peces con tendencia a la isometría, creciendo en peso y talla equitativamente.

Se recomienda que para cada etapa del tamaño del pez, se le otorgue la proteína apropiada. En etapas donde se tienen alevines y juveniles, se administre primero la dieta de El Pedregal, que contiene la cantidad de proteína apropiada para esta etapa de los organismos; después, cuando entren en la etapa de madurez sería apropiado darles el alimento balanceado con 34% de proteína, esto es, disminuir la cantidad de este requerimiento para evitar desperdicios y posteriormente, cuando entren en una etapa adulta, si los organismos no se van a reproducir sería bueno administrar alimentos con baja cantidad de proteína como lo sería Tetraperez.

Este procedimiento sería el ideal, pero visto desde el punto de vista económico, estar comprando alimentos para cada etapa de desarrollo del cultivo implicaría una elevación en los costos, que dependiendo del presupuesto, se verá si es rentable o no, ya que dentro de los costos variables, el alimento representa el 60% de los gastos totales. Lo que se puede implementar para sopesar el gasto que implica la compra de diferentes alimentos con diferente cantidad de proteína, se propone ir disminuyendo la porción que se administre a los peces; si se tiene contemplado un alimento con una porcentaje de proteína alto para todo el desarrollo del cultivo se debe de modificar la cantidad suministrada diariamente, ya sea disminuyendo o aumentando

el porcentaje diario de alimento tomando en cuenta la biomasa de los organismos, o modificando las veces que se le da de comer al día al sistema.

También se recomienda que para probar de una manera eficiente el crecimiento y la respuesta de *O. niloticus* ante diferentes niveles y tipos de proteínas, se debería homogenizar el tamaño de los organismos desde inicios del experimento. Además al meter la misma talla de organismos en todas las dietas, se podría establecer con base en los costos cual es el alimento más rentable y en cuanto tiempo se podría alcanzar una talla comercial.

A pesar de los resultados obtenidos, se puede decir que el ensayo con alimento balanceado y El Pedregal resultó adecuado, ya que se pudo comprobar que no necesariamente con alta cantidad de proteína animal los peces presentan mejores resultados y esto puede abatir los gastos en alimentación al utilizar proteína vegetal, así como reducir los niveles de fósforo y nitrógeno cuando se desecha el agua del cultivo sin haberle dado un tratamiento adecuado o de otra manera, reutilizarla para otros cultivos, principalmente de hortalizas o diferentes vegetales.

CONCLUSIONES

Un alimento con una cantidad alta de proteína (45 %) tiene buenos rendimientos de crecimiento dentro de un cultivo, pero se deben de tomar en cuenta factores de calidad del agua y la ración que se va a dar de este, ya que a elevar la cantidad proteína animal, los nutrientes en el agua aumenta, al estar desechando mayor nitrógeno y fosforo al sistema, lo cual con el tiempo producirá eutrofización del agua del cultivo, lo cual terminaría elevando los costos de la producción del cultivo, haciendo que el cultivo no fuera viable y rentable.

El uso de alimentos que contengan proteína vegetal y animal ayudan a disminuir la cantidad de nutrimentos en el agua, retrasando un poco la eutrofización de los sistemas acuáticos, por lo cual sería interesante probar alimentos que contengan en su totalidad proteína vegetal para comparar la calidad del agua de un alimento con pura proteína animal versus alimento con pura proteína vegetal.

Respecto a los valores del factor de condición, se mantuvieron por encima de 1, lo cual nos indica que las condiciones ambientales en las que vivieron los organismos fueron buenas y no representaron una limitante para su crecimiento.

En general la tasa de crecimiento, así como los indicadores de crecimiento mantuvieron rendimientos bastante bajos, en comparación a los reportados para esta especie por varios autores. Pero a pesar de ello, se observa que los alimentos administrados cumplieron con lo requerido para el crecimiento de los organismos

Se registró que el crecimiento para *O. niloticus* fue alométrico negativo (mayor crecimiento en talla que en peso) excepto para la dieta de Tetraperez, en la cual se obtuvo un crecimiento con tendencia a la isometría, lo que nos indica que fue el único que tuvo crecimiento en talla y en peso casi proporcional.

REFERENCIAS

Abdo de la Parra M.I., Rodríguez-Ibarra L.E., Hernández, C., Hernández, K., González-Rodríguez, B., Martínez-Rodríguez, I., *et al.* 2010. Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 45(3): 433-439. [Citado 2016 Nov 25]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572010000300008&lng=es.

Alvarado, L.M.J. 2016. Aplicación de la percepción remota en el diagnóstico de áreas naturales debido al crecimiento urbano en la zona metropolitana de la Ciudad de México, Tesis de Licenciatura. Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. 53 p.

Álvarez, D.A. Fisiología del crecimiento. 2012. [en línea]. Citado 31 Enero 2018. Disponible en: <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/MATERIAL%202012/Fisiologia%20crecimiento.pdf>

Arellano-Torres A., D. Hernández Y C. Meléndez. 2013. Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. Revista de Biología Tropical. 61(3): 1301-1312.

Arredondo-Figueroa, J.L. y M. Guzmán-Arroyo. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. Biól. U.N.A.M., 56, Ser. Zool. (2): 555-572.

Arredondo, F.J.L. 1993. Fertilización y fertilizantes: su uso y manejo en la acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México, D.F. 202 p.

Arredondo, F.J.L. y J.T. Ponce. 1998. Water quality in Aquaculture: Concepts and applications. AGT Editor, S.A. Mexico. 222 p.

Arredondo, F.J. y G.S. Lozano. 2003. La acuicultura en México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM. 315 p.

Arredondo F.J.L, Lozano-Gracia S. El cultivo de la tilapia en México. Memorias del Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia; 1996 junio 20-22; México DF. México (DF): División de Educación continua, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México, 1996:7-18.

Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (APROMAR). 2014. La acuicultura en el mundo. Apto. Postal 266, Chiclana. Cádiz. España. 8 p.

Azaza, M.S., M.N. Dhraief., M.M. Kraiem y E. Baras. 2010. Influences of food particle size on growth, size heterogeneity, food intake and gastric evacuation in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. 1758. *Aquaculture*, 309: 193–202.

Bahnasawy, M. 2009. Effect of dietary protein levels on growth performance and body composition of monosex Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. reared in fertilized tanks. *Pakistan Journal of Nutrition* 8 (5): 674-678.

Barrera, A. 2006. Control de Alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Perciformes: Cichlidae) Usando Guapotes Lagunero (*Parachromis dovii*) (Perciforme: Cichlidae) en los Estanques de la Universidad Earth. Tesis de Licenciatura. Universidad Earth. Costa Rica. 65 p.

Beltrán-Álvarez, R. J. Sánchez-Palacios Y L. G Valdés. 2010. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa, Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*. 58 (1): 325-338.

Beltrán, F. M. 2016. Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques con fertilización artificial. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 53 p.

Blé, C.M, L.Y. Alla, A.A. Adingra, S. Niamké y J.K. Diopoh. 2011. Effect of stocking density on nutritive value of natural food and growth performance of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in extensive aquaculture ponds. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(12): 218-224.

Brown, L. 2000. Acuicultura para veterinarios. Producción y clínica de peces. Acribia. Zaragoza. España. 445 p.

Castelló, O. F. 2000. Alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y juveniles de peces marinos. Pp 550-569 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV*. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

Castillo, L.D.P. 2015, Biología reproductiva de la tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el embalse Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 88 p.

Chakraborty, S.B. y S. Banerjee. 2010. Comparative growth performance of mixed-sex and monosex Nile tilapia population in freshwater cage culture system under Indian perspective. *International Journal of Biology*, 2(1): 44–50.

Ciechomski J.D. Sánchez R.P. Alespeiti G. y Héctor R. 1986. Estudio sobre el crecimiento en peso y factor de condition en larvas de achoita, *Engraulis anchoita* HUBBS & MARINI. Variaciones regionales estacionales y anuales. *Rev. Invest. Des. Pesq.* No.5. 183-193. Disponible en:

http://marabierto.inidep.edu.ar/bitstream/handle/inidep/227/RevINIDEP5_183.pdf?sequence=1

CONAGUA, 2015. Reporte del clima en MÉXICO, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional, Gerencia de Meteorología y Climatología, Subgerencia de Pronostico mediano y largo plazo. Disponible en:

<http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2015.pdf>. 30p

Coronado-Herrera, M., S, Vega-León., R, Gutiérrez-Tolentino., B, García-Fernández, y G, Díaz-Gonzales. 2006. Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, Bioquímica y Salud, Rev. 25(3): 72-79. Disponible en:

http://www.facmed.unam.mx/bmnd/publicaciones/ampb/numeros/2006/03/e_AcidosGrasos.pdf

Corvera-Pillado V.A. y S.L. Aguilar. 2012. Manual de análisis bromatológico. FES Zaragoza, UNAM. México. 57 p.

Cowey, C.B., J.A. Pope, J.W. Adron y A. Blair. 1975. Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirements of plaice (*Pleuronectes platessa*). Br. J. Nutr. (28): 447-456.

Ctaqua. 2017. Centro Tecnológico de Acuicultura. Informe de Vigilancia Tecnológica. Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal [en línea]. Consultado 24 Noviembre 2017. 48 p. Disponible en: <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>

Davis, D. A. y Gatlin III, D. M. 1996. Dietary mineral requirements of fish and marine crustaceans. Reviews in Fisheries Science, 4(1), 75-99.

Delgadillo-Calvillo, A., & Martínez-Palacios, C., & Berruecos-Villalobos, J., & Ulloa-Arvizu, R., & López-Ordaz, R., & Vásquez-Peláez, C. (2012). Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. *Veterinaria México*, 43 (2), 113-121.

Díaz, R. 2015. Elementos básicos en nutrición. R1 Medicina Interna. Disponible en: <https://prezi.com/8gnvd5dyoarm/elementos-basicos-en-nutricion/>

El-Sayed, Abdel-Fattah M. 2006. Tilapia culture. Cabi Publishing Oxfordshire. U.K. 277 p.

El-Saidy, D.M.S.D. y M.M.A. Gaber. 2005. Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36: 163-171.

Ergün, S., D. Guroy, H. Tekesoglu, B. Guroy, I. Celic, A.A. Tekinay y M. Bulut. 2010. Optimum dietary protein level for Blue Streak Hap, *Labidochromis caeruleus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 27-31.

Espinoza E.M.C. 2007. Nutrición y Alimentación de peces. Centro de Investigación de Ecosistema Acuáticos. Unidad Centroamérica. Área de Nutrición y alimentación [en línea]. Managua.

Consultado 22 de Noviembre 2017. Disponible en:

http://repositorio.uca.edu.ni/2694/1/2007_nutrici%C3%B3n_y_alimentaci%C3%B3n_de_peces.pdf

European Food Information Council. 2008. La importancia de los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Disponible en: <http://www.eufic.org/article/es/artid/La-importancia-de-los-acidos-grasos-omega-3-y-omega-6/>

FAO 2005-2017. Fisheries Gateway. Boletín de pesca y acuicultura de la FAO. Topics Fact Sheets. En: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado. Disponible en: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es

FAO. 2007. Food Outlook, global market analysis. FAO. Rome, Italy. 91 pp. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ah876e/ah876e00.pdf>

FAO. 2017. Tabla 2. Resumen de los requerimientos y utilización de nutrientes en la dieta de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* [en línea]. Consultado 23 de Noviembre 2017. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/affris/docs/NileTilapiaSpanishTables/NileTilapiaTabSp2.pdf

FAO 2005-2018. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - México. National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. Texto de Montero Rodríguez, M. In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado 10 June 2013. [Citado 13 February 2018].

Fattah, A. Castillo, M. y W, Valenti. 2015. Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development. *Zoolia (Curitiba)*, 32(6): 469-475. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-46702015000600006>.

Florence, O.N. y T.O. Harrison. 2012. Impact of stocking density on the polyculture of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 1018-1023.

Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Barros, M.M., Pezzato, A.C., Furuya, V.R. B. y Miranda, E.C. 2004. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 35: 1110–1116. doi:10.1111/j.1365-2109.2004.01133.x

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Instituto de Geografía, UNAM, México, 103 p.

Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., *et al.* 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.

Gómez Márquez, J.L., Blancas, A.G., Constanzo, C.E., Cervantes, S.A. 2014. Análisis de la calidad de las naturales y residuales con aplicación a la microescala. UNAM. FES Zaragoza. 204 p.

Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Alejo-Plata, M. y Guzmán-Santiago, J.L. 2015. Culture Mixed-Sex and Monosex of Tilapia in Ponds in Mexico City. *Agricultural Sciences*, 6, 187-194- Consultado 16 Noviembre 2016. Disponible en: http://file.scirp.org/pdf/AS_2015020322054841.pdf

Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H. y Arredondo-Figueroa, J.L. 2008. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 875-884. Retrieved January 20, 2017, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000200035&lng=en&tlng=en.

Granado, L. C. 2002. Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Núm. 45: 354 p.

Greaves, K. y Tuene, S. 2001. The form and context of aggressive behavior in farmed Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 193: 139-147

Guillaume, J.S., Kaushik, P., Bergot y R. Metailler. 2003. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi-Prensa. 475 p.

Gutiérrez, O.C. 2016. Unidad 5 Aminoácidos. UNAM. FMVZ. Disponible en: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_bioquimica/Unidad_5.pdf

Hepher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. Editorial Limusa, México. 406 p

Hernández-Valencia, J. 2014. Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de Tilapia, SAGARPA. Disponible en:

http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anuales/anu_706-25-2014-05-7.pdf

Ibrahim, N., G.E. Naggar. 2010. Water quality, fish production and economics of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus*, monoculture and policultures. *Journal of the World Aquaculture Society* 41(4): 574-582.

INEGI, 2005. Prontuario de información geográfica delegacional de los Estados Unidos Mexicanos Iztapalapa, Distrito Federal, Clave geoestadística. 09007 Disponible en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/09/09007.pdf>

Jiménez-Badillo, L. 2004. Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. *Hidrobiológica*, 14 (1): 61-68.

Jover-Cerdá, M. 2012. Futuro de la alimentación de los peces en granjas marinas. *AquaTIC*, Julio-Diciembre, 78-89. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49425906012>

Kloppel, T.M. y F. Post. 1975. Histological alterations in tryptophan-deficient rainbow trout. *J. Nutr.* 105: 861-866.

Lehninger, A.L. 2003. Bioquímica. Las bases moleculares de la estructura y función celular. 2ª Ediciones Omega. España

Lim, C. y P.H. Kleisus. 2000. El papel de los minerales traza en la salud de los peces. Pp. 270-281. En: Civera- Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. Disponible en: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/18limrhn.pdf.

Liti, D.M., B. Fulanda, J.M. Mungusti, M. Straif, A. Waidbacher y G. Winkler. 2005. Effects of open-pond density and caged biomass of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) on growth, feed utilization, economic returns and water quality in fertilized ponds. *Aquaculture Research*, 36: 1535-1543.

Llanes, J. y Toledo, J. 2011. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) con la inclusión de altos niveles de harina de soya en la dieta. *Revista Cubana de Ciencia*

Agrícola, 45(2), 183-186. Disponible en: <http://www.ica.inf.cu/revista-cubana-de-ciencia-agricola/articulos/T45-N2-A2011-P183-J-Llanes.pdf>

Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Tilapia para la Inocuidad Alimentaria. SENASICA. 2008. Pp 60. [en línea]. Consultado 22 Noviembre 2017. 148p. Disponible en: <http://www.cosaes.com/Manual%20Tilapia%20BPPA.pdf>.

Marques, D.S.Ma.J. 2004. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M., México. 626 p.

Martínez, C., Chávez, C. y Varsi, E. 1992. El estado actual de la acuicultura en México, perfiles de nutrición y alimentación. En: La nutrición y alimentación en la acuicultura de América Latina y el Caribe. Disponible en: <http://www.fao.org/field/003/ab487s/AB487S00.htm#TOC>

McCoy, H.D. 1990. Fishmeal—the critical ingredient in aquaculture feeds. *Aquaculture Magazine*, 16(2): 43-50.

Mensi, F., K, Jamel. y E.A, Amor. 2005. Potential use of seaweeds in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. Pp. 151-154. En: Montero D. (ed.), Basurco B. (ed.), Nengas I. (ed.), Alexis M. (ed.), Izquierdo M. (ed.). Mediterranean fish nutrition. Zaragoza: CIHEAM. (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 63). Workshop on Mediterranean Fish Nutrition, 2002/06/01-02, Rhodes (Greece). Disponible en: <http://om.ciheam.org/om/pdf/c63/05600075.pdf>

Martínez-Córdova L.R., Martínez Porchas M. y Ramos-Enríquez, R. 2009. Dinámica del crecimiento de peces y crustáceos. REDVET. Vol 10, N° 10 [en internet] Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101009.html>

Ming, L.K. y Y.B.C. William. 1992. Bioenergetic modeling of effects of fertilization, stocking density, and spawning of growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 298-301.

Morales, D.A. 1991. La Tilapia en México. Biología, cultivos y pesquerías. AG Editor, S.A. 190 p.

Murray, R.K., D.A. Bender, K.M. Botham, P.J. Kennelly, V.W. Rodwell y P.A.Weil. 2010. Harper. Bioquímica ilustrada. 28ª. McGraw Hill. México, 699 p.

Olvera-Novoa, M. A. y L. Olivera-Castillo. 2000. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. Pp 327-348 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

OMS, 2016 Nutrición, temas de salud. Recuperado de <http://www.who.int/topics/nutrition/es/>

Pacheco S.M. y C.Y. Rico. 1990. Evaluación de dos alimentos elaborados en el crecimiento de *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) bajo condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 71 p.

Palomo, L.C.Y. 2016. Edad y crecimiento de la tilapia del Bordo Amate Amarillo, Morelos, México, Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 72 p.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.

Peña-Mendoza, B., Gómez-Márquez, J.L., Salgado-Ugarte, I.H. y Ramírez-Noguera, D. 2005. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 53(3-4), 515-522. Retrieved January 26, 2017, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200019&lng=en&tlng=en.

Peña-Mendoza, B., Gómez-Márquez, J.L y García-Alberto, G. 2011. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera*. Vol. 19(2): 23-36.

Peters. D., R., Morales. A., E., Morales, S. y Hernández. R., J. 2009. Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de *Lemna obscura* como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.). *Revista Científica*, XIX (3), 303-310.

PRODUCE. 2004. Dirección Nacional de Acuicultura. Cultivo de Tilapia. Perú. 20 p.

Rivas-Vega, M. Beaza A.M., y M.I, Sandoval-Muy. 2010. Avances en la evaluación de ingredientes para tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) cultivada en agua de mar. Pp. 467–484. En: Cruz-Suarez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D. A., Gamboa-Delgado, J. (Eds), Avances en Nutrición Acuícola X - Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, 8-10 de Noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Disponible en: http://universidad.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/X/archivos/16-MarthaRivas.pdf

Rumsey, G.L., S.G. Hughes y R.A. Winfree. 1993. Chemical and nutritional evaluation of soya protein preparations as primary nitrogen sources for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 40: 135-152.

Salgado, U.I.H. 1992. El análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones y U.N.A.M. 243 p.

Santamaría-Merchán S.C. 2014. Monografía. Nutrición y alimentación en peces nativos. Universidad Nacional abierta y a distancia “UNAD” ECAPMA, ZOOTENCIA

Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader y A.B. Adam. 1989. Culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), at three stoking densities in outdoor concrete tanks, using drainage water. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20: 49-57.

Saucedo, P.D. 2000. Cultivo de machos de *Oreochromis niloticus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 60 p.

Steffens, W. 1987. Principios fundamentales de la alimentación de los peces, Editorial Acribia Zaragoza. 275 p.

Tenorio-Colín, G. 2003. Caracterización isoenzimática de *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus* introducidas en México. *Rev. Ciencia y Mar*. México. Vol. 7 (19): 11-24.

Toledo-Pérez, S.J. y M. C. García-Capote. 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. Pp 83-137. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

Torres-Novoa D.M. y V.L. Hurtado-Nery. 2012. Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia*, [S.l.], v.16, n. 1: 63-68. Disponible en: <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/266/786>>

Vázquez-Contreras, E. 2003. Las funciones de los carbohidratos, Bioquímica y Biología molecular en línea, Instituto de Química, UNAM, [en internet]. Consultado en Octubre 2016, Disponible en: <http://laguna.fmedic.unam.mx/~evazquez/0403/quimica%20de%20los%20carbohidratos2.html>.

Vásquez T.W. 2004. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Instituto de Acuicultura de la Universidad de Los Llanos [en línea]. 125-145. Pp 21. Consultado 20 Noviembre 2017.

Disponible en:

http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1511639937336~160

Vega-Villasante, F., H, Nolasco. y R, Civera. 1995. The digestive enzymes of the Pacific brown shrimp *Penaeus californiensis*—II. Properties of protease activity in the whole digestive tract. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 112(1), 123-129.

Vera-Cruz, E.M. y G.C. Mairb. 1994. Conditions for effective androgen sex reversal in *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 122: 237-248.

Villarreal, H., 2002. Avances en la nutrición de *Cherax quadricarinatus*. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

Wedemeyer, G.A. 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall, U.S.A. 232 p.

Webster, C.D., J.H. Tidwell, L.S. Goodgame, D.H. Yancey y L. Mackey. 1992. Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 106: 301-309.

Wicki G.A. y Gromedia N. 1997. Estudio de desarrollo y producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Secretaria de Agricultura Pesca Y Alimentación. Subsecretaria de Pesca. Buenos Aires. Argentina. [En línea] Consultado 22 Noviembre 2017. 10 p. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/18-26-1-SM%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario1/Downloads/18-26-1-SM%20(1).pdf)

Wills, G. A., A. P, Muñoz. y J. M, Moreno. 2013. Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica – *Oreochromis niloticus*– cultivada en jaulas flotantes. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 100-111 p. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639235004>.

Wilson, R.P. 1989. *Amino Acids and Proteins*. Pp. 111-151. En: Halver, J.E. editor. *Fish nutrition*. Academic Press. New York.

Workagegn, K.B., Ababboa, E.D., Yimer, G.T. y Amare, T.A. 2014. Growth Performance of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Fed Different Types of Diets Formulated From Varieties of Feed Ingredients. *J. Aquac. Res .Development* 5: 235. doi:10.4172/2155-9546.1000235. Disponible en: <https://www.omicsonline.org/open-access/growth-performance-of-the-nile-tilapia-oreochromis-niloticus-l-fed-different-types-of-diets-formulated-from-varieties-of-feed-ingredients-2155-9546.1000235.php?aid=27011>.