


**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**Validación de dos programas de alimentación en cultivo intensivo de tilapia
Oreochromis niloticus en sistema circular dentro de la finca
Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio, Aldea Jeréz,
municipio de Nuevo San Carlos, Retalhuleu**

Presentado por:

T.A MARCO ANDRÉS DONIS BARILLAS

**Para otorgarle el título de
LICENCIADO EN ACUICULTURA**

Guatemala, mayo de 2016

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Validación de dos programas de alimentación en cultivo intensivo de tilapia
Oreochromis niloticus en sistema circular dentro de la finca
Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio, Aldea Jeréz,
municipio de Nuevo San Carlos, Retalhuleu**

Presentado por:

T.A MARCO ANDRÉS DONIS BARILLAS

**Para otorgarle el título de
LICENCIADO EN ACUICULTURA**

Guatemala, mayo de 2016



El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario, **Marco Andrés Donis Barillas**, titulado “Validación de dos programas de alimentación en cultivo intensivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistema circular dentro de la finca Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio, Aldea Jeréz, municipio de Nuevo San Carlos, Retalhuleu” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle

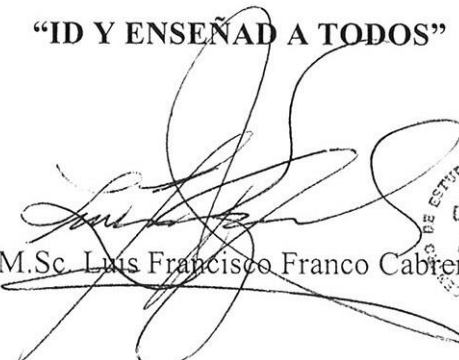


Guatemala, mayo 2016



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA–, después de conocer el dictamen del asesor M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Marco Andrés Donis Barillas**, titulado “Validación de dos programas de alimentación en cultivo intensivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistema circular dentro de la finca Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio, Aldea Jeréz, municipio de Nuevo San Carlos, Retalhuleu”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

CEMA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA
Coordinador Académica

Guatemala, mayo 2016

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

Consejo Directivo

Presidente	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M. Sc. Kathya Iturbide Dormon
Representante Docente	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios y Zootecnistas	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representante Estudiantil	Lic. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Representante Estudiantil	T. A. María José Mendoza Arzú

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser mi casa de estudios y darme la oportunidad de convertirme en un profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura por permitirme estudiar la acuicultura y mostrarme un campo nuevo de trabajo.

Al señor Carlos Alejos dueño de la Finca Concepción Las Lomas por permitirme realizar mi -EPS- dentro de las instalaciones y el apoyo, las enseñanzas y aprendizaje transmitido a lo largo de la duración del ejercicio.

A mi asesor el M. Sc Luis Franco por su apoyo incondicional, su tiempo, el conocimiento y la amistad brindada a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación.

A mis compañeros de promoción CEMA-USAC, por su amistad y apoyo incondicional.

Al personal del CEMA-USAC por darme su apoyo y tiempo durante toda mi estadía en esta casa de estudios.

DEDICATORIA

- A DIOS: Por su amor incondicional y cada una de las bendiciones que derrama día con día en mi vida.
- A MI MADRE: María Celia Barillas Por todo su apoyo, sacrificio, dedicación, paciencia y amor.
- A MI ABUELITO: Marco T. Barillas Por ser como mi padre, su conocimiento, su sabiduría y su cariño.
- A MI HERMANA: Paola de Paiz Por sus consejos y motivación para seguir adelante con mis estudios.
- A MIS AMIGOS: Por ser como mis hermanos que con motivación y consejos demuestran su cariño.

RESUMEN

La tilapia *Oreochromis niloticus* es una de las especies cultivadas con más frecuencia en la acuicultura a nivel mundial, siendo una especie que se adapta a los sistemas de cultivo con facilidad y con buenos resultados, pudiendo ser manipulado su manejo de alimentación para lograr mejoras en cuanto a crecimiento de peso diario.

En el presente trabajo, se realizó una validación de dos programas de alimentación; uno industrial y otro comercial en el cultivo de tilapia *O. niloticus* en un sistema circular intensivo dentro del proyecto San Antonio, en la Finca Concepción Las Lomas, Retalhuleu. Así mismo, se evaluaron los dos programas en 4 piletas distintas dentro del área de engorde del proyecto, 2 para cada tratamiento, para determinar el comportamiento en crecimiento de dos programas de alimentación.

Se realizaron siete muestreos quincenales durante los meses de abril, mayo, junio y julio del año 2015, en los cuales se colectaron datos con los pesos promedios de los peces de cada una de las piscinas de evaluación. Éstos fueron ingresados en una hoja de cálculo de Excel, donde al finalizar el ciclo de cultivo de cada una de las piletas, se procedió a realizar curvas de crecimiento y análisis estadístico mediante la prueba de hipótesis para diferencia entre medias con muestras dependientes o apareadas.

Se recolectaron 32 datos con los cuales se determinó el crecimiento diario de peso de cada una de las piletas bajo los distintos programas de alimentación. El análisis mostró diferencia significativa, entre tratamientos ($P < 0.05$) siendo el protocolo con alimento comercial el que mostro mejores tasas de crecimiento. Probablemente; las prácticas de manejo actual deben mejorarse previo a un cambio del protocolo de alimentación.

ABSTRACT

The tilapia *Oreochromis niloticus* is a major crop species in aquaculture worldwide, being a species that adapts easily to the systems and with great results, and its feed handling can be manipulated to achieve improvements in daily weight growth.

In this paper, a validation of two feeding programs; an industrial and a commercial to grow tilapia *O. niloticus* in an intensive circulating system within the San Antonio project in Concepción Las Lomas farm, Retalhuleu. Likewise the two programs were evaluated in 4 different pools within the fattening area of the project, to determine whether the two feeding programs influenced the daily growth of tilapia weight.

Seven samples were taken every two weeks during the months of April, May, June and July of the year 2015, in which the weight average of each of the evaluation pools were collected. Data were analyzed into an Excel spreadsheet where it proceeded to growth curves and a statistical analysis using a hypothesis test for difference between means with dependent or paired samples at the end of the growing season of each of the pools were performed.

A total of 32 data with which the daily growth weight of each of the pools under different feeding programs determined were collected. The analysis showed significant difference between treatments ($P < 0.05$) with the protocol with commercial feed which showed better growth rates. Probably; current management practices must be improved prior to a change in the feeding protocol.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Marco referencial	4
3.2 Marco conceptual	7
3.2.1 La Acuicultura	7
3.2.2 Cultivo de tilapia	8
4. OBJETIVOS	22
4.1 Objetivo general	22
4.2 Objetivos específicos	22
5. HIPOTESIS	23
5.1 Hipótesis nula	23
5.2 Hipótesis alterna	23
6. METODOLOGÍA	24
6.1 Ubicación geográfica	24
6.1.1 Departamento de Retalhuleu	24
6.1.2 Vías de comunicación	24
6.1.3 División administrativa	24
6.1.4 Municipio de Nuevo San Carlos	24
6.1.5 Aldea Jerez	25
6.1.6 Finca Concepción Las Lomas	25
6.1.7 Proyecto San Antonio	26
6.2 Tratamientos	27
6.2.1 Programa de alimentación industrial, tratamiento experimental	27
6.2.2 Programa de alimentación comercial, tratamiento testigo	28
6.3 Variables	28
6.3.1 Definición de variables	29
6.4 Manejo de la investigación	30
6.4.1 Diseño experimental	30

6.4.2 Croquis de campo	30
6.5 Tamaño y forma de las unidades experimentales	31
6.6 Densidad de siembra	32
6.7 Alimentación diaria	32
6.8 Número de piscinas en número de muestreos	32
6.9 Variable respuesta	32
6.10 Manejo acuícola del experimento	33
6.11 Recolección de información	33
6.12 Análisis estadístico	33
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
8. CONCLUSIONES	41
9. RECOMENDACIONES	42
10. BIBLIOGRAFÍA	43
11. ANEXO	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1.	Croquis de campo de piletas del Proyecto San Antonio señalando la ubicación de tratamientos	31
Figura No. 2.	Tabla de crecimiento quincenal de tratamiento experimental y testigo	34
Figura No. 3.	Curva de crecimiento quincenal tratamiento experimental, piscina 6	36
Figura No. 4.	Curva de crecimiento quincenal tratamiento experimental, piscina 26	36
Figura No. 5.	Curva de crecimiento quincenal tratamiento testigo, piscina 8	37
Figura No. 6.	Curva de crecimiento quincenal tratamiento testigo, piscina 22	38
Figura No. 7.	Curva de crecimiento productivo por piscina	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.	Programa de alimentación industrial	27
Cuadro No. 2.	Programa de alimentación comercial	28
Cuadro No. 3.	Variables experimentales	29
Cuadro No. 4.	Horario de alimentación en piscinas evaluadas	32
Cuadro No. 5.	Cuadro de ganancia diaria en muestreos quincenales realizados a piscinas evaluadas	35
Cuadro No. 6.	Ganancia en peso en peces por muestreo en los tratamientos evaluados	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1.	Requerimientos de proteínas, carbohidratos y lípidos en dietas para <i>O. niloticus</i>	6
---------------------	---	---

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se presenta como una nueva alternativa de producción en el sector agropecuario a nivel nacional, con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología e investigación en este campo, específicamente en los programas de alimentación más eficientes, que optimicen los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas para que los cultivos sean de mayor calidad.

La tilapia *Oreochromis niloticus*, una de las mayores especies cultivadas en la acuicultura a nivel mundial, siendo una especie que se adapta a los sistemas de cultivo muy fácil y con grandes resultados, es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques y puede ser manipulado genéticamente, por lo que la eficiencia del manejo y recursos en su cultivo es de gran importancia, como los programas de alimentación los cuales son los que generan mayores cambios en cuanto a la producción.

La calidad, tipo y tecnología en la administración del alimento son factores de gran importancia dentro del manejo del cultivo de tilapia en La Finca Concepción las Lomas, proyecto San Antonio, ya que son estos con sus cambios los que generan resultados distintos, sean positivos o negativos. Evaluando el comportamiento productivo de la tilapia *Oreochromis niloticus* con dos programas de alimentación distintos, uno con fórmulas comerciales con contenidos de proteína cruda de 32% y 38% y otro con fórmulas industriales con contenido de proteína de 40%, 35% y 32% se logró demostrar que en el sistema circular intensivo manejado en el proyecto existió una diferencia significativa en cuanto al crecimiento quincenal en gramos de peso de las tilapias. El efecto que se generó con los distintos programas de alimentación en el parámetro zootécnico de la tasa de crecimiento quincenal en peso, mostró que el comportamiento productivo del programa comercial generó mejores resultados de crecimiento en peso de las tilapias.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo en la selección, plan de administración y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado, esta actividad dentro de un sistema intensivo de cultivo es de suma importancia ya que representa entre el 50% y el 60% del costo de la producción, además con el buen manejo de esta actividad la ganancia de peso de la tilapia aumenta, provocando cambios positivos o negativos en el tiempo de cultivo.

Para la alimentación diaria dentro del proyecto San Antonio se utilizan tablas predeterminadas por una empresa privada, que también suministra el alimento utilizado, el cual es comercial, bajo condiciones intensivas manejadas dentro del proyecto se debe considerar un gasto de energía adicional, probablemente este no llena estas expectativas, ya que en ciertos casos las curvas de crecimiento no son las esperadas.

Dentro del proyecto existen 30 piletas circulares de 70 m³ de volumen de agua, con densidad promedio de 107 tilapias por m³, siendo un sistema muy demandante por el poco espacio que existe por la alta densidad, pudiendo provocar un incumplimiento de los requerimientos nutricionales de los organismos, probablemente porque los alimentos comerciales utilizados dentro del proyecto han sido formulados para sistemas productivos de menor intensidad. El cuestionamiento principal de la investigación es: ¿Puede mejorarse las ganancias de peso de la tilapia al utilizar alimento balanceado con mayor contenido de proteína bajo condiciones de la finca Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio?

Para la realización del presente trabajo se usaron las instalaciones de la Finca Concepción Las Lomas, Proyecto San Antonio, Retalhuleu, utilizando 4 piscinas de 70 m³ de volumen de agua del área de engorde, con recambio constante de agua, tilapias cruzadas con genética GIFT y súper macho, peso inicial de 30 gramos a peso de cosecha que varió entre 220 a 380 gramos. La investigación tuvo una duración de 5 meses, iniciando en mayo y terminando la evaluación en el mes de agosto del 2014.

La prueba consistió en la evaluación del comportamiento productivo de tilapia con dos programas de alimentación, por un lado; una propuesta de alimentos industriales, formulados para cultivos bajo condiciones intensivas (tratamiento 1) el cual se realizó en 2 estanques ubicados en el sector de engorde. Este fue comparado contra el programa comercial que se utiliza en la finca (tratamiento 2) con 2 piscinas del mismo tamaño, ubicadas en el mismo sector. Todos los estanques recibieron el mismo manejo en cuanto a alimentación (8 a.m. primera, intervalos de 2 horas en cada una por saciedad, cambio de tipo de alimento según peso de organismos, mismo alimentador y técnica) y manejo general de cultivo (limpieza, recambio de agua).

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco referencial

Los alimentos completos compensan las deficiencias y en ciertas ocasiones de carencia de nutrientes en los medios naturales en piletas o estanques y son el método de alimentación más común en los sistemas de cultivo intensivos (Food and Agriculture Organization [FAO], 2014).

Los alimentos balanceados en acuicultura son completos, ósea, que incluyen todos los macros y micronutrientes requeridos por la especie según estadio. El macro nutriente mayormente requerido en la acuicultura es la proteína como fuente de aminoácidos y carbohidratos, ambos utilizados en la producción de tejido y energía por los peces.¹

Bajo condiciones de cultivo intensivo, se descarta el impacto de la productividad primaria, siendo los balanceados comerciales la base de la alimentación y el crecimiento de los organismos. Dentro de las buenas prácticas de alimentación se incluye:

- a) Granulometría, hidro-estabilidad y porcentaje de finos en los balanceados.
- b) Protocolo y frecuencia de alimentación, horarios.
- c) Intensividad del cultivo:
 - Incremento en nivel de proteína en los balanceados comerciales.²

Según personal de la empresa Purina® la energía digerible y las cantidades de proteína que un alimento contengan y la combinación de estas dos en sus cantidades, son elementos que pueden modular la conversión alimenticia, ganancias diarias y tiempos de cultivo más eficientes. Sin embargo, cuando el animal ingiere un alimento, no toda esa energía pasa al organismo, sino que parte se pierde por heces o en la orina. Por lo tanto, la energía digerible es menor que la energía bruta (Cargill®, 2008).

¹ Franco, L. (2013, marzo). Nutrición Acuícola [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

² Franco, L. (2013, abril). Nutrición en peces [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

La proteína ideal para el cultivo de tilapia enfatiza:

- a) Que contiene todos los aminoácidos esenciales.
- b) Que la digestibilidad de las proteínas no es menor al 90%.
- c) Que la energía no sea limitante para evitar el uso de proteína como fuente de energía.³

- Metabolismo de la energía

Los animales usan la energía para mantener los procesos vitales y sostener la actividad física. El crecimiento, es decir la formación de nuevos tejidos, requiere de un ingreso de energía, para los nuevos componentes del tejido (su calor de combustión) y también para mantener los procesos anabólicos que conllevan a la elaboración de componentes del nuevo tejido (Chol, y Dominique, 1980).

- Fuente dietaria de energía y energía ingerida

La energía no es un nutriente. Es más bien un producto final de la absorción de nutrientes que producen energía cuando son oxidados y metabolizados. Todos los compuestos orgánicos de un alimento para peces liberan calor por combustión, y son fuentes potenciales de energía.

El valor bruto de energía del alimento depende de su composición química, los valores promedios de calor por combustión de carbohidratos, proteína y lípidos siendo: 4.1081, 5.6367 y 9.4344 Kcal respectivamente. Sin embargo, la constitución química inherente del alimento afecta su calor por combustión o energía bruta. La digestión, absorción y utilización de los carbohidratos, lípidos y proteínas derivados de los alimentos están asociados con varias pérdidas biológicas de nutrientes no digeridos e inutilizados y con un gasto de energía, que si fueran refinados y catabolizados, podrían producir energía. Por lo tanto, la medición del valor de energía dietaria necesita ser valorado tanto por ensayos químicos como por ensayos biológicos (Chol, y Dominique, 1980).

- Crecimiento y retención de energía

La energía metabolizable incorporada como el alimento que no se disipa en calor, es retenida dentro del cuerpo en forma de nuevos elementos tisulares. En los animales en crecimiento una

³ Franco, L. (2013, junio). Proteína ideal [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

parte de la energía es almacenada como proteína y otra como grasa, pero cuando el animal se aproxima a su madurez una porción creciente de la energía retenida se almacena en forma de grasa; la importancia relativa de los depósitos de proteína y grasa depende de un gran número de factores además del grado de madurez del animal. Las proteínas con mayor valor biológico promueven un mayor depósito proteico que las de bajo valor. Los excesos marginales de la energía ingerida sobre la energía gastada en calor, resultan en la deposición en forma de proteína, de una mayor proporción de la energía retenida. A medida que el exceso de energía ingerida aumenta, la cantidad total de proteína depositada aumenta, pero la proporción de la energía retenida en forma de grasa aumenta aún más rápido, de tal manera que un incremento en la energía ingerida lleva a un aumento en la cantidad de energía en forma de grasa. En casi todos los casos la retención de energía y la deposición de tejido nuevo resultan en el aumento de peso del animal, y el aumento de peso de los peces juveniles es generalmente un indicador confiable del grado de adecuación de la nutrición y del manejo (Cho1, y Dominique, 1980).

Tabla No. 1. Requerimiento de proteínas, carbohidratos y lípidos en dietas para *O. niloticus*

Nutrientes Esenciales	Estadio/etapa de cultivo	Requerimiento dietario
Proteína	Juvenil/engorde	35% - 45%
Carbohidratos	Juvenil/engorde	< 25%
Proteína		
Relación energética	Juvenil/engorde	110 mg/kg
Lípidos: totales	Juvenil/engorde	5 - 8%

Fuente: FAO, 2014.

- Prueba de hipótesis para diferencia entre medias con muestras dependientes o apareadas

La prueba de hipótesis es un análisis que se hace al valor de un parámetro o de la relación entre parámetros poblacionales en donde hay muestras aleatorias, en donde los resultados se pueden declarar aceptables o rechazables, finalmente para poder tomar decisiones mediante un análisis de los errores. El modelo estadístico se basa en un método de demostración comúnmente empleado en matemática, en el que se asume una hipótesis y se obtiene un

resultado absurdo, concluyéndose que la hipótesis de partida es falsa. Se le conoce como método por contradicción o reducción al absurdo. La adaptación de este método en estadística parte de dos hipótesis lógicas: la hipótesis nula y la hipótesis alterna. La prueba de hipótesis para diferencia entre medias con muestras dependientes o apareadas son situaciones en donde hay solamente n diferente elementos o unidades experimentales y los datos se coleccionan en pares o parejas, se realizan dos observaciones en cada unidad experimental. Se trata de muestras dependientes (correlacionadas positivamente) (Nieves, y Domínguez, 2010).

3.2 Marco conceptual

3.2.1 La acuicultura

La acuicultura es el sistema de producción de alimento que ha tenido la mayor tasa de crecimiento en el mundo en la última década, incrementando su producción de 10 millones de toneladas métricas (tm) en 1984 a 27.8 tm en 1995, (52.8% de peces, 24.5% de plantas acuáticas, 18.3 % de moluscos y 4.1% de crustáceos), lo que representa una tasa de crecimiento del 9.6% comparado con el incremento del 3.1% para la producción de carne de animales terrestres y el 1.6% de las capturas pesqueras en el mismo período (Toledo, y García, 2001).

En lo que a América Latina y el Caribe se refiere, este crecimiento ha sido del orden de un 14.5% promedio anual entre 1984 a 1994, o sea de 121,373 tm a 472,429 tm, respectivamente. Dentro de este crecimiento, la tilapia ocupa uno de los lugares primordiales de cultivo, ya que se presenta como la alternativa más ventajosa para la producción de proteína sana y barata, dado sus altos rendimientos, porque su crecimiento es mayor que el de otras especies en sistemas de cultivo intensivo además que tiene excelente calidad de carne y una buena aceptación en los mercados (Toledo, y García, 2001).

3.2.2 Cultivo de tilapia

La tilapia por su capacidad de adaptación, y a la posibilidad de ser criada en diferentes sistemas de cultivo, su sabor y las características nutricionales de su carne, se ha colocado en el segundo lugar de los peces de agua dulce más cultivados en el mundo. La producción mundial de las tilapias cultivadas sobrepasó en 2013 la cifra de 1,000,000 tm, que actualmente se ha incrementado gracias al continuo crecimiento de su demanda (FAO, 2014).

- Distribución y taxonomía de la tilapia

Tilapia es un término genérico utilizado para designar un grupo de especies de peces de valor comercial pertenecientes a la familia Cichlidae; la expresión se deriva de la palabra nativa de Bechuana (Africa) "thlape" que significa Pez. Los Cíclidos se clasifican en el Orden Perciformes y habitan las aguas dulces y salobres de Africa, el Medio Oriente, las zonas costeras de la India, América Central, del Sur y el Caribe, incluyendo a Cuba. Sin embargo, las verdaderas tilapias son sólo nativas de Africa y el Medio Oriente. En estos momentos, debido a su introducción por el hombre, está representada en la zona tropical y subtropical de todo el mundo, incluyendo Asia y Oceanía (Nicovita, 2003).

Phyllum	Chordata
Subphylum	Craneata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Genero	Oreochromis
Especie	niloticus

- *Oreochromis niloticus* (Tilapia del Nilo)

Oriunda del Africa, en Guatemala se introdujo durante los años 70 en el programa de gobierno, "Peces para todos". Especie altamente prolífica, viable sexualmente a partir de los 30 gramos de peso.⁴

La tilapia del Nilo o gris es un pez con cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Sus escamas son cicloideas. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual. Su primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales los cuales utiliza para respirar. La línea lateral se interrumpe, las espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal, la aleta dorsal tiene 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. La aleta caudal trunca, la aleta pectoral, dorsal y caudal adquieren una coloración rojiza en temporada de desove, en donde la aleta dorsal contiene numerosas líneas negras (Nicovita, 2003).

La tilapia del Nilo es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras. Las temperaturas letales son inferiores a 11-12 °C y superiores a 42 °C, en tanto que las temperaturas ideales varían entre 31 y 36 °C. Es un alimentador omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a los detritus. La tilapia del Nilo 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. 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 (Nicovita, 2003).

⁴ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

La tilapia es reproductora asincrónica. Las hormonas no se utilizan para inducir el desove, ya que éste ocurre a lo largo del año en los trópicos y durante la temporada templada en áreas subtropicales. La reproducción se desarrolla en estanques, tanques o hapas (corrales de red). La proporción de siembra entre hembras y machos es de 1-4:1 pero lo más común es que sea de 2 ó 3:1. La densidad de siembra de los reproductores es variable, oscilando entre 0,3-0,7 kg/m² en tanques pequeños o de 0,2 - 0,3 kg/m² en estanques.

- Sistemas de cultivo

Hay una evolución constante en los sistemas de cultivo de peces especialmente en la tilapia *O. niloticus*, variando de cultivos de subsistencia, extensivos intensivos y súper intensivos. La intensificación (mayor producción) se obtiene a través de mejoras en las prácticas de manejo en general minimizando los riesgos de pérdidas. Buenas prácticas de producción incluyen los componentes genéticos y propios de operación donde se enfatiza el uso y muestreo periódico del agua, alimentos balanceados con diferentes composición nutricional, ración y frecuencia de alimentación, ajuste de densidad, determinación de la capacidad de carga, patología y manejo del agua utilizada. La intensificación expresada en mayor densidad de siembra por unidad de superficie ó volumen (peces por m² ó m³, respectivamente) maximiza la capacidad de carga, muchas veces, aumentando el grado de riesgo por manejo del cultivo y de impacto ambiental.⁵

La principal diferencia entre cultivos de peces según intensidad varía en el grado de infraestructura requerida, cantidad y calidad del agua de abastecimiento, alimentos utilizados, porque indican directamente en el rendimiento productivo. Los cultivos de menor inversión en infraestructura, alimentos é insumos en general son los subsistencia y extensivos, comúnmente realizados en lagos o lagunas para apoyo a comunidades pesqueras.⁶

A diferencia de cultivos de subsistencia, los cultivos intensivos y súper intensivos requieren mayor inversión en infraestructura, prácticas acuiculturales, genética, alimentos y cuidados de bioseguridad. Para determinar la capacidad productiva entre sistemas según intensificación, se

⁵ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

⁶ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

debe de entender que en el caso que la tasa de recambio de agua sea nula o mínima, la densidad de siembra se expresa en libras/m² y en los casos donde el uso de agua de abastecimiento sea mayor, con altas tasas de recambio la densidad de siembra se expresa en libras/m³, expresada en volumen de producción.⁷

- Características del cultivo

Para el cultivo de tilapias se destacan las siguientes variables: temperatura, salinidad, oxígeno, disuelto, pH, alcalinidad, dureza, turbidez y sustancias tóxicas.

En el cultivo de peces se menciona que el crecimiento de los mismos depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. En algunos estudios se reporta que la concentración de minerales influye principalmente en la calidad del agua y los peces se ven afectados a nivel de branquias reduciendo su capacidad respiratoria y metabólica, provocando lento crecimiento que se expresa en bajos rendimientos (Bautista, y Velazco, 2011).

La presencia de sustancias químicas y biológicas disueltas e insolubles en el agua (que pueden ser de origen natural o antropogénico) define su composición física y química. El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria (Bautista, y Velazco, 2011).

Para decidir si el agua califica para un propósito particular menciona que su calidad debe especificarse en función al uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que el agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. Las principales características físico-químicas y biológicas que definen la calidad del agua para el cultivo de peces, el origen de los constituyentes, su importancia en la salud, la relación con los

⁷ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

principales procesos de tratamiento y los límites de concentración establecidos por las normas de calidad del agua, se tratan a continuación (Bautista, y Velazco, 2011).

- Características físicas del agua

De acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud y a la Organización Mundial de la Salud, se consideran importantes las siguientes: Características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista y olfato), tienen directa incidencia sobre la aceptabilidad del agua (turbidez, color, olor y sabor, temperatura) (Bautista, y Velazco, 2011).

Turbidez: Es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, tierra finamente dividida, etcétera). La turbidez es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua (Bautista, y Velazco, 2011).

Color: Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos y ácidos grasos. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas; la extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, la descomposición de la materia, la materia orgánica del suelo, la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos y una combinación de los procesos descritos (Bautista, y Velazco, 2011).

Olor y Sabor: Estos están estrechamente relacionados; por eso es común decir que “a lo que huele, sabe el agua”. En términos prácticos, la falta de olor puede ser un indicio indirecto de la ausencia de contaminantes, tales como los compuestos fenólicos. Por otra parte, la presencia de olor, puede indicar una acción séptica de compuestos orgánicos en el agua. Las sustancias generadoras de olor y sabor en aguas pueden ser compuestos orgánicos derivados de la actividad de microorganismos y algas o provenir de descargas de desechos industriales (Bautista, y Velazco, 2011).

Temperatura: Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente (Bautista, y Velazco, 2011).

- Características químicas de iones presentes en el agua

Amonio: Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores: El nitrógeno atmosférico, por fijación química, Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana y la reducción de nitritos. El amoníaco o ión amonio (NH_4^+) se encuentra en cantidades notables cuando el medio es fuertemente reductor. En un medio oxidante, el ión amonio (NH_4^+) se transforma en nitrito (NO_2^-). Se le considera un constituyente normal de las aguas superficiales y está íntimamente relacionado con descargas recientes de desagües. Cuando su concentración es mayor de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$, podría constituirse como un indicador de contaminación por aguas residuales domésticas o industriales (Bautista, y Velazco, 2011).

El amoníaco en las aguas residuales es producido en su mayor parte por la eliminación de compuestos que tienen nitrógeno orgánico y por la hidrólisis de la urea. En casos menos frecuentes, se puede producir por reducción de nitratos en condiciones anaeróbicas. El amoníaco es un nutriente para microorganismos y algas en los sistemas de distribución, su presencia en el agua favorece la multiplicación de estos (Bautista, y Velazco, 2011).

Nitratos y Nitritos: La concentración de nitratos en el agua subterránea es un tópico común de muchas discusiones acerca de la calidad del agua, ya que es de importancia tanto para humanos como para animales. Ya que sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se manifiesta un problema de salud en organismos de cultivo. Niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. A menudo es difícil precisar el origen de un alto contenido de nitratos, porque puede provenir de muchas fuentes. La entrada de los nitratos a las aguas subterráneas es un resultado de procesos

naturales y del efecto directo o indirecto de las actividades humanas. Los procesos naturales incluyen la precipitación, el constante movimiento de los minerales y descomposición de la materia orgánica. Niveles de nitritos superiores a 0,75 ppm en el agua pueden provocar estrés en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos (Bautista, y Velazco, 2011).

Oxígeno: Durante la época seca, el caudal de un río disminuye, por lo que también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de este por los seres vivos acuáticos aumenta por unidad de volumen, asimismo la temperatura influye en relación inversa con el oxígeno. Por esa situación, no es extraño que haya grandes diferencias de oxígeno disuelto entre el verano y el invierno. En el cultivo es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5 ppm (Bautista, y Velazco, 2011).

Potencial de hidrógeno (pH): Es una variable básica que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. Esta variable tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Dentro de la calidad del agua el pH interviene determinando si un cuerpo de agua es duro o blando, es decir, evalúa los niveles de carbonatos presentes para el desarrollo del cultivo de una especie acuícola (Bautista, y Velazco, 2011).

La tilapia es un pez nativo de África que ha sido introducido a muchos países del mundo. Es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con variabilidad significativa de pH y bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Comúnmente, es cultivada en estanques, jaulas y arrozales inundados. La mayoría de las especies de tilapia pueden crecer en aguas estuarinas y algunas se adaptan al agua marina. Todas estas características hacen que la tilapia sea una especie de cultivo apta en la mayoría de los países en vía de desarrollo. Para cultivar tilapia es importante que las propiedades físico-químicas del agua se mantengan dentro de los parámetros óptimos para garantizar el desarrollo de los peces (Bautista, y Velazco, 2011).

- Hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales de la tilapia

Las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones

estructurales de las tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos (Nicovita, 2003).

Naturalmente; la tilapia se alimenta desde vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta algas unicelulares y bacterias, los dientes también muestran variaciones en cuanto a dureza y movilidad (Nicovita, 2003).

A pesar de la heterogeneidad en relación a sus hábitos alimenticios y a los alimentos que consumen, las tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales:

- Especies Omnívoras: *O. mossambicus* es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere. *O. niloticus*, *O. spilurus* y *O. aureus* presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton.

- Especies Fitoplanctófagas: *S. galilaeus* y *O. macrochir* son especies que se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *S. melanotheron* consume células muertas de fitoplancton, *O. alcalicus* consume algas que crecen sobre la superficie de las piedras y rocas.

- Especies Herbívoras: *T. rendalli*, *T. sparmanni* y *T. zillii* consumen vegetación macroscópica. Para poder cortar y rasgar plantas y hojas fibrosas poseen dientes faríngeos especializados, así como un estomago que secreta ácidos fuertes (Nicovita, 2003).

Los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Estos casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora son organismos que se adaptan a condiciones de cultivo muy bien, soportando altas densidades, estrés por manejo, oxígeno y temperatura cambiantes, por lo que son animales aptos para ingresarlos a un cultivo, engordarlos para su procesamiento y venta.⁸

⁸ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

Los alimentos balanceados de uso en el cultivo de la tilapia *O. niloticus* deben cumplir con requerimientos nutricionales y características físicas, especialmente el porcentaje de finos (polvo). La tilapia consume alimento en la parte alta de la columna de agua, por lo cual requiere que los alimentos floten (alimentos extrusados).⁹

Las principales características físicas, adicionales a la presencia de finos, son flotabilidad é hidroestabilidad de la partícula de alimento. Flotabilidad se refiere a la capacidad de la partícula alimenticia de permanecer un tiempo adecuado para ser consumido por los peces sin hundirse. Otra característica observable en el alimento es la hidroestabilidad, donde se espera que la partícula no se deteriore por efecto del agua, desintegrándose y aumentando la capacidad de hundimiento y el lavado de nutrientes.¹⁰

Los requerimientos nutricionales de los peces también varían según el estado de crecimiento o reproducción al igual que por temperatura del agua, densidad de siembra y salinidad, sin embargo, es sumamente difícil para el nutricionista conocer bajo qué condiciones se utilizará el alimento. Sin embargo, el piscicultor podrá ajustar mediante cambio de alimento con mayor concentración de proteína o energía o mediante la ración diaria, los nuevos requerimientos de la especie y compensar con mayor cantidad de alimento por cambios de temperatura y densidad de siembra.¹¹

- Alimentos formulados

Se utilizan alimentos formulados para lograr mayores rendimientos y peces de gran tamaño (600-900 g) en un periodo corto de tiempo. La talla máxima de cosecha de la tilapia del Nilo cultivada en estanques que solo son fertilizados suele ser inferior a los 250 g después de 5 meses de engorda. En sistemas de cultivo semi-intensivos, la mayoría de los piscicultores en Asia fertilizan sus estanques y usan alimentos formulados. Sin embargo, en sistemas de cultivo intensivo en estanques, tanques o en jaulas de Latinoamérica, los piscicultores de tilapia dependen principalmente de alimentos comerciales extrusados (FAO, 2015).

⁹ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

¹⁰ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

¹¹ Franco, L. (2013, marzo). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

El principal problema al formular alimentos es satisfacer los requerimientos de proteína, energía, vitaminas, aminoácidos esenciales (AAE) y otros aditivos de la especie. La fuente de proteína preferida es la harina de pescado por su alta calidad de su proteína y su perfil de AAE. Sin embargo, esta suele ser cara y no siempre está disponible. La tilapia del Nilo puede ser alimentada con un alto porcentaje de proteínas vegetales. Es económicamente sensato reemplazar la esta harina con fuentes alternas de proteínas, incluyendo subproductos animales, harinas de oleaginosas, subproductos de legumbres y cereales, y plantas acuáticas (FAO, 2015).

La mayoría de estos ingredientes tienen un déficit en algún AAE y por lo tanto requieren de suplementos o complementos con otros alimentos. Aunque casi todos los subproductos de oleaginosas suelen ser deficientes en lisina y metionina, la mezcla de diversas oleaginosas puede proveer un perfil balanceado en aminoácidos. Sin embargo, pueden contener varios factores anti-nutricionales (tales como gossipol, glucosinolatos, saponinas, inhibidores de tripsina, etc.) lo que limita su uso en alimentos compuestos o requiere la remoción/inactivación a través de procesos específicos (tales como calentamiento, cocción, etc.). También existen varias fuentes no convencionales de proteínas que pueden ser adecuadas para la *O. niloticus* tales como las pupas de gusano de seda, caracoles, gusanos, spirulina, gluten de maíz y trigo, almendra, ajonjolí, desechos de cervecerías, etc. (FAO, 2015).

- Ingredientes de los alimentos

El nivel máximo de inclusión de cada insumo que puede usarse en la alimentación de tilapia depende de varios factores, tales como el nivel de proteína en la dieta, cómo se procesa el alimento, la etapa de vida del pez, la economía y disponibilidad (FAO, 2015).

- Alimento industrial

Este se concibe como un alimento balanceado completo formulado para condiciones de cultivo especiales, por ejemplo: altas densidades de siembra y condiciones climáticas.¹²

¹² Franco, L. (2013, junio). Nutrición acuícola [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

- Alimento comercial

Es un alimento balanceado completo formulado para condiciones promedio de manejo. El uso de este no diferencia sistema productivo (extensivo vrs intensivo), condiciones de clima o factores de manejo.¹³

Generalmente los alimentos completos para tilapia se comercializan en tres o cuatro presentaciones con diversas especificaciones nutricionales dependiendo de la etapa de vida del pez, por ejemplo, pre-iniciación, iniciación, crecimiento y finalización (FAO, 2015).

- Alimentación en peces

Un buen alimento cuenta con tamaños de partículas competitivos, un buen balance de nutrientes y aditivos especiales, obteniendo de esta manera una gran diversidad de beneficios para el productor, como:

Consumo adecuado, menor degradación de la calidad del agua, menor conversión alimenticia, mayor velocidad de crecimiento, mejor distribución de tallas, menor costo por alimentación y mejor costo-beneficio por biomasa ganada.

- Alimentos iniciadores

Son alimentos específicamente diseñados para la etapa de post-alevinaje (desde la absorción del saco vitelino hasta los ocho gramos de peso aproximadamente). Comúnmente se presenta en migajas y partículas semiflotantes, con tamaños de partículas menores a un milímetro, 1.5mm y 2.4mm (Cargill, 2008).

- Alimentos Completos

Son nutricionalmente completos para las etapas de engorda y finalización (desde los 60 gramos hasta la talla de cosecha). Son extruidos flotantes con tamaños de partículas que van desde 3.5, 4.0, 4.8 y 5.5 mm, normalmente son diseñados para los distintos sistemas de cultivo que van desde el intensivo, semi-intensivo y extensivo, ya que son elaborados con diferentes perfiles nutricionales y energéticos (Cargill, 2008).

¹³ Franco, L. (2013, junio). Nutrición acuícola [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

- Uso del alimento

Durante el post-alevinaje o pre-engorde y engorde, se debe administrar el tamaño más grande de partícula posible, que los peces puedan consumir, la respuesta de los peces a la alimentación puede ser afectada por factores como el tamaño del pez, el estado de madurez y aspectos genéticos, temperatura del agua, oxígeno disuelto, frecuencia de alimentación, tamaño y textura del alimento, así como el contenido de nutrientes y características organolépticas. Otros factores que afectan son: la densidad de siembra, el sistema de cultivo y la disponibilidad de alimento natural (Cargill, 2008).

En engorde se tiene que adecuar los alimentos a las tallas y pesos, la tasa de alimentación a tablas o bien a comportamiento de los peces y mantener una frecuencia de alimentación las cuales las recomendables varían entre 4 a 6 veces por día. También es importante ajustar la distribución del alimento a las condiciones de calidad del agua y las bajas cantidades de oxígeno disuelto en las horas de la mañana y la tarde.¹⁴

Se recomienda alimentar los 7 días de la semana en los mismos horarios, cuando se dispone a manejar los peces se debe suspender la alimentación un día antes, sea para muestreo, separación de tallas, transporte o cosecha. La actualización de la cantidad del alimento a suministrar es necesario realizarla cada semana de acuerdo a las tablas predeterminadas que se utilizan en el proyecto a trabajar, necesariamente relacionadas con parámetros climáticos de interés (Cargill, 2008).

Se suelen recomendar bajar el contenido de proteína conforme avanza el cultivo, el acuicultor debe pensar que el pez consume alimento para llenar sus requerimientos en proteína básicamente, al cambiar alimento con menor contenido de proteína, el pez compensará consumiendo mayor alimento. Para ajustar el alimento, se deben hacer cálculos para estimar el costo por unidad de proteína, ejemplo, 32% proteína cruda a Q275.00, y alimento con 28% proteína cruda a Q 255.00, el costo por unidad de proteína varia ($275/32 = Q8.59$ y $255/28 = Q9.10$).¹⁵

¹⁴ Franco, L. (2013, abril). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

¹⁵ Franco, L. (2013, abril). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

- Sistemas y estrategias de alimentación

Hay dos sistemas de alimentación en cultivos de peces, los cuales son de alimentación manual al boleo el cual se refiere a la distribución del alimento en la mayor área de la piscina o pileta, suele hacerse manualmente dispersando el alimento. Este es utilizado mayormente en sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos y el sistema por demanda que se refiere al uso de alimentadores donde los peces pueden accionarlo o bien utilizando un sistema programado con un programador de tiempo. Mayormente utilizando en sistemas raceways.¹⁶

Las estrategias de alimentación utilizadas especialmente en tilapia son: la alimentación diaria ajustada a la biomasa a alimentar, alimentación de días alternos (un día si otro no, o bien se deja de alimentar un día a la semana), alimentación restringida reduciendo la tasa de alimentación en porcentajes del 50, 75 y 100%, alimentación basada en la estructura poblacional la cual se ajusta los tipos de alimento según comportamiento estadístico de tallas y pesos.¹⁷

- Estabilidad en el agua

Muchos de los ingredientes de los alimentos peletizados absorben agua, lo que causa una pérdida de estabilidad al entrar en contacto con el agua. Por ejemplo, el uso de salvado de trigo y de arroz reduce notablemente la estabilidad del alimento en el agua, mientras que los subproductos de cereales actúan como ligantes (especialmente cuando ocurre la gelatinización). La mayoría de los subproductos de semillas oleaginosas brindan una buena estabilidad en el agua mientras que los subproductos animales suelen ser malos ligantes. Si el alimento compuesto es tratado térmicamente, al menos un 20% del alimento deberá consistir de ingredientes con un alto contenido de almidones (maíz, trigo, etc.) para mejorar la estabilidad en el agua mediante la gelatinización (FAO, 2015).

- Planificación y ajustes en la ración de alimento diaria

Para ajustar la cantidad de alimento a utilizar en un cultivo de tilapia se pueden utilizar varios cálculos los cuales son: biomasa, tasa de alimentación y factor de conversión alimenticia FCA.

¹⁶ Franco, L. (2013, abril). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

¹⁷ Franco, L. (2013, abril). Piscicultura de agua dulce [Comunicación personal]. Guatemala: USAC.

Biomasa: número de organismos * peso promedio.

Tasa de alimentación: % de la biomasa a alimentar por día.

FCA: alimento suplido / peso ganado.

Las tablas de alimentación son instrumentos necesarios para planificar y ajustar la alimentación diaria, llevar controles y poder realizar cambios dentro las etapas del cultivo.

Para tener un cultivo con ganancias de peso diarios más arriba de las sugeridas se necesita tener condiciones de cultivo aptas y seguir las tablas de alimentación que previamente se detallan para realizar cambios pertinentes y aprovechar no solo el crecimiento si no volver más viable económicamente el cultivo. Las tilapias en una etapa de levante (la cual es una etapa donde se trata de llevar aproximadamente de los 2 gramos por animal a los 25 gramos de peso) las cuales tienen un peso entre 2 a 10 gramos necesitan porcentajes de proteína cercanos al 45 por ciento, realizando un cambio a los 11 gramos del peso del animal a un 40 por ciento de proteína en el alimento que durara hasta alcanzar los 25 gramos aproximadamente. Para conocer cuando se cambia el porcentaje de proteína en el alimento se necesita realizar un muestreo y conocer el peso del animal para luego proceder a las tablas de alimentación ya específicas para las condiciones de cultivo y realizar los cambios necesarios. Para conocer las cantidades de alimento que se da, es necesario conocer la biomasa y seguir las tablas de alimentación.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Comparar la productividad entre dos programas de alimentación para mejorar las condiciones de tilapia dentro de un cultivo controlado.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento productivo de tilapia *O. niloticus* alimentada con dos programas de alimentación, un comercial con 32% y 38% de proteína cruda y un industrial con 32%, 35% y 40% de proteína cruda.
- Determinar el efecto de dos programas de alimentación sobre los parámetros zootécnicos como tasa de crecimiento quincenal (peso en gramos).

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis nula

Los dos programas de alimentación generan el mismo efecto en cuanto a rendimiento en peso en cultivo intensivo de organismos *O. niloticus* en sistema circular dentro de la Finca Concepción Las Lomas, proyecto San Antonio.

5.2 Hipótesis alterna

Los dos programas de alimentación generan distinto efecto en cuanto a rendimiento en peso en cultivo intensivo de organismos *O. niloticus* en sistema circular dentro de la Finca Concepción Las Lomas, proyecto San Antonio.

6. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación geográfica

6.1.1 Departamento de Retalhuleu

Se encuentra situado en la región sur occidental de Guatemala. Limita al norte con Quetzaltenango, al sur con el Océano Pacífico, al este con Suchitepéquez, y al oeste San Marcos. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 190 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala. Retalhuleu posee un clima cálido todo el año ya que sus temperaturas van de los 22 a los 34 °C.

6.1.2 Vías de comunicación

Entre las carreteras principales, además de las rutas nacionales, está la Internacional del Pacífico CA-2, la cual partiendo de la frontera con el Salvador continúa hasta la frontera con México. De esta carretera a la altura de San Sebastián se desprende un ramal que lo comunica con Quetzaltenango.

6.1.3 División administrativa

El departamento de Retalhuleu se encuentra dividido en 9 municipios los cuales son: Champerico, El Asintal, Nuevo San Carlos, Retalhuleu, San Andrés Villa Seca, San Martín Zapotitlán, San Felipe, San Sebastián y Santa Cruz Muluá.

6.1.4 Municipio de Nuevo San Carlos

El municipio se encuentra en la región sur-occidente de la República de Guatemala en el límite de la parte norte del departamento de Retalhuleu, está ubicado a una distancia de 13 kilómetros de la cabecera departamental y a 186 kilómetros de la capital Ciudad de Guatemala. Se encuentra entre el norte de la cabecera departamental, al este de el

Asintal y Colomba municipio del departamento de Quetzaltenango, al oeste con San Felipe y El Palmar municipio del departamento de Quetzaltenango y al sur de El Palmar y Colomba municipios del departamento de Quetzaltenango.

6.1.5 Aldea Jerez

Se encuentra ubicada en el municipio de Nuevo San Carlos a 10 kilómetros de la cabecera departamental de Retalhuleu y a 190 kilómetros de la capital. La aldea colinda con el municipio de El Asintal y Retalhuleu, se encuentra en medio de dos fincas, Finca Concepción Las Lomas y San José del Nil, la Finca San José Nil produce caña de azúcar la cual abastece de trabajo a gran cantidad de personas de la aldea y finca Concepción Las Lomas es productora de hule la cual también da trabajo a una parte de la población. La aldea tiene una extensión de aproximadamente 2 kilómetros de ancho y 1 kilómetro de largo, según datos del último censo del Consejo Comunitario de Desarrollo COCODE local hay una población de 550 familias, 500 casas las cuales cuentan con luz y sin agua potable. La aldea está dividida por el Rio Nil el cual abastece de agua a toda la población.

6.1.6 Finca Concepción Las Lomas

La finca se encuentra en la Aldea Jerez, municipio Nueva San Carlos, Retalhuleu, Guatemala C.A. La entrada está ubicada en el kilómetro 190 de la carretera Internacional Pacifico CA-2.

El sistema de producción de la finca es diversificado, cuenta con una principal producción de hule. El área es de 11 caballerías de extensión de las cuales 7 están dedicadas a la producción de hule y 800 metros cuadrados dedicados exclusivamente al área acuícola.

El área acuícola de la finca tiene el nombre de Proyecto San Antonio, ésta se dedica al engorde de tilapia *O. niloticus* dentro de un sistema circular intensivo con agua corrida todo el día, aquí se producen organismos arriba de los 350 gramos en aproximadamente 150 días, el área se abastece con agua del rio Nil el cual proporciona un promedio entre 600 a 800 metros cúbicos

de agua por segundo, lo que garantiza un control adecuado para los recambios y manejos correspondientes dentro del proyecto.

El área de producción cuenta con 34 piletas de 9 metros de diámetro y 1.20 metros de alto, se trabaja normalmente con biomásas de 30 kilos y una densidad de 99 peces por metro³. Cada pileta tiene 70 metros³ cúbicos, sumados serían 2,380 metros³ cúbicos de volumen de agua en total.

El área de producción se divide en pre-engorde y engorde. En el área de pre-engorde se ubican 4 piletas en las cuales se siembran 16500 alevines de 2 gramos aproximadamente, los cuales son llevados a 30 gramos aproximadamente en 25 días para ser colocados en el área de engorde.

El área dedicada al engorde cuenta con 30 piletas donde se ingresan 7,500 organismos a cada pileta aproximadamente de 30 gramos que se llevan hasta el peso de cosecha, el cual varía dependiendo de la demanda del cliente que requiere organismos entre 300 a 350 gramos.

Se utiliza alimento balanceado completo de varias casas comerciales con distintos porcentajes de proteína según la etapa de cultivo, que van de 40% (alevinaje, 2g-25g), 38% (30g-100g), 36% (100g-180g), y 32% (180g-cosecha).

La finca Concepción Las Lomas tiene un área de raceways el cual está ubicada en el casco de la finca, cuenta con 8 piletas de 14.4 metros cuadrados, las cuales están ubicadas 4 en la parte superior y 4 en la parte inferior, todas destinadas al engorde de tilapia.

6.1.7 Proyecto San Antonio

El área de pre-engorde es mantenida por una persona la cual se encuentra involucrada en su totalidad a todo el manejo que esto conlleva. El área de producción de engorde es controlada por dos trabajadores de campo quienes están encargados del manejo total, asegurando condiciones aptas de cultivo para el buen desarrollo de la actividad y la alimentación de las 30

piletas. Para el área de bodega de alimento hay una persona quien lleva el inventario y los registros diarios de las dietas de cada una de las 34 piletas de todo el proyecto.

El área de jardín y limpieza es controlada por dos personas quienes laboran diariamente para mantener en óptimas condiciones todo lo que les corresponde.

La toma de datos, análisis, orden de todos los registros y las proyecciones del cultivo es controlada por el administrador del proyecto, quien lleva día a día registros y movimientos para tomar decisiones necesarias para la eficiencia de la producción.

6.2 Tratamientos

6.2.1 Programa de alimentación industrial, tratamiento experimental

El programa de alimentación número 1 utilizó el alimento industrial el cual fue surtido por la empresa multinacional Carhill®, y según Muñoz este es un alimento con mayor costo porque los contenidos nutricionales como la proteína y energía son de mayor densidad además de ser más digeribles y de mejor calidad. Se utilizan alimentos con 45%, 40%, 35% y 32% de proteína (Cuadro No. 1).¹⁸

Cuadro No. 1. Programa de alimentación industrial

Rango de peso (g)	Alimento industrial
0 – 50	45% proteína 1.5mm/2.2mm
50 – 100	40% proteína industrial
100 – 200	35% proteína industrial
200 – COSECHA	32% proteína industrial

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

¹⁸ Cargill®; Muñoz, J. (2014, junio). Asesor técnico [Comunicación personal]. Guatemala: Cargill®.

6.2.2 Programa de alimentación comercial, tratamiento testigo

El programa de alimentación numero 2 utilizó alimentos comerciales el cual fue surtidos por la empresa multinacional Cargill®, este puede ser encontrado en cualquier tienda agropecuaria. Según Muñoz, se adapta muy bien a las condiciones de las fincas, ya que está hecho para un manejo de cultivos semi-intensivos bajo condiciones controladas. Este es el alimento que fue utilizado como testigo dentro del proyecto San Antonio. Se utilizó en las presentaciones de 45%, 38% y 32% de proteína (Cuadro No. 2).¹⁹

Cuadro No. 2. Programa de alimentación comercial

Rango de peso (g)	Alimento comercial
0 – 50	45% proteína 1.5mm/2.2mm
50 – 100	38% proteína comercial
100 – 200	38% proteína comercial
200 – COSECHA	32% proteína comercial

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

6.3 Variables

- El cuadro 3 presenta las variables evaluadas en la presente investigación.

¹⁹ Cargill®; Muñoz, J. (2014, junio). Asesor técnico [Comunicación personal]. Guatemala: Cargill®.

6.3.1 Definición de variables

Cuadro No. 3. Variables experimentales

Objetivo General	Variable	Supuesto
Desempeño productivo de dos programas de alimentación en cultivo intensivo de tilapia, un comercial (tratamiento 2) con 32% y 38% de proteína y un alimento industrial (tratamiento 1), formulado para cultivos intensivos, con 32%, 35% y 40% de proteína.	Dependiente, peso en gramos.	Desempeño productivo de dos programas de alimentación en el crecimiento de peso en gramos de la tilapia: <ul style="list-style-type: none"> • Ganancias de peso quincenal expresada en gramos.

Objetivos específicos	Variable	Supuesto
Comportamiento productivo de <i>O. niloticus</i> alimentada con dos programas de alimentación, un comercial con 32% y 38% de proteína y un industrial con 32%, 35% y 40% de proteína.	Independiente	<ul style="list-style-type: none"> • Curvas de crecimiento • Ganancia quincenal de peso expresada en gramos.
Efecto de dos programas de alimentación evaluados en los parámetros zootécnicos como tasa de crecimiento diario (peso en gramos).	Independiente	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento en peso quincenal.

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

6.4 Manejo de la investigación

Se contó con el personal de la finca el cual fue capacitado con charlas técnicas en la técnica de alimentación para saciar a los organismos de cada piscina evaluada, además de hacer una selección de cada uno de ellos para que fuera la misma persona que alimentara durante el transcurso de la investigación, además se trabajó conjuntamente con el personal de la empresa Purina® para llevar el control de alimento suministrado diariamente, peso, crecimiento y asesoramientos mensuales que apoyaron parte de la investigación.

6.4.1 Diseño experimental

Se realizó un diseño completamente al azar, seleccionando 4 piscinas del área de engorde, realizando muestreos aleatorios con un intervalo de 15 días en cada una de las piscinas asignadas de investigación, en donde se monitoreó el peso en gramos de cada una de las unidades de investigación.

6.4.2 Croquis de campo

La finca incluye treinta piletas, de las cuales cuatro fueron seleccionadas al azar para la validación de los programas de alimentación (Figura No. 1).

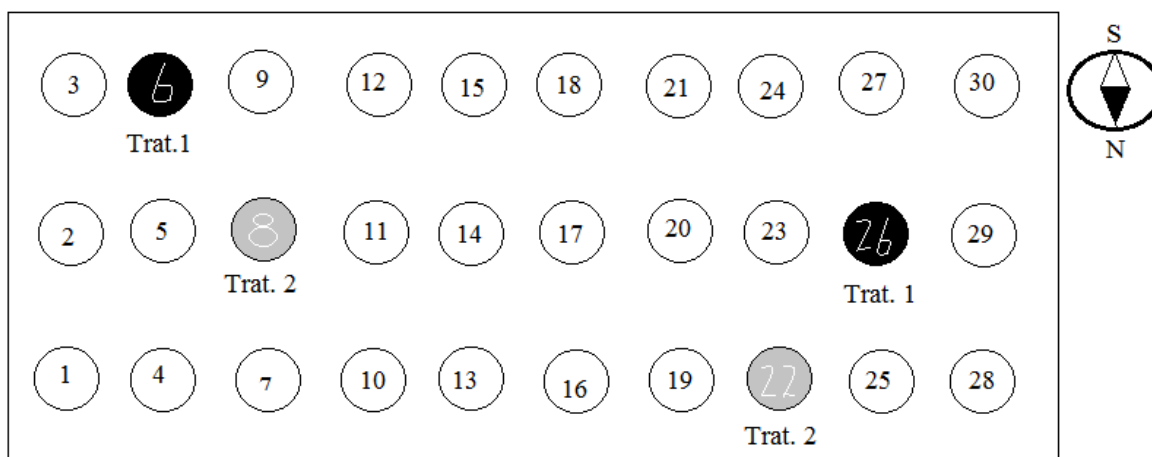


Figura No. 1. Croquis de campo de piletas del Proyecto San Antonio señalando la ubicación de tratamientos (Trabajo de campo, 2014)

6.5 Tamaño y forma de las unidades experimentales

- Piscinas

Las unidades experimentales tuvieron 9 metros de diámetro y 1.2 metros de alto el cual produjo 70 metros³ de volumen de agua.

La prueba consistió en la evaluación del rendimiento productivo del alimento industrial (tratamiento experimental) utilizando formulas de balanceados industriales, contra el alimento comercial (tratamiento testigo) que normalmente es utilizado en el proyecto. Se seleccionaron 4 piscinas ubicados en el sector de engorde donde se tomaron dos para el tratamiento experimental (piscinas 6 y 26) y dos para el tratamiento testigo (piscinas 8 y 22). Todos los estanques recibieron el mismo manejo en cuanto a alimentación, manejo de recambio de agua y etapa de cultivo.

6.6 Densidad de siembra

La densidad de siembra fue de 7,700 peces en cada piscina, teniendo en cada una 110 animales por metro³, sembrando organismos de 30.51 gramos en piscina 6; 39.9 gramos en piscina 8; 48.30 gramos en piscina 26 y 61.23 gramos en piscina 22.

6.7 Alimentación diaria

La tasa de alimentación diaria de cada una de las piscinas fue manejada según la biomasa. La frecuencia de alimentación fue de cada dos horas por medio de saciedad partiendo desde las 08:00 AM (Cuadro No. 4), la cual es suministrada por la misma persona todos los días.

Cuadro No. 4. Horario de alimentación en piscinas evaluadas

Hora de alimentación	Cantidad
08:00 AM	Saciedad
10:00 AM	Saciedad
12:00 PM	Saciedad
02:00 PM	Saciedad
04:00 PM	Saciedad

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

6.8 Número de piscinas en número de muestreos

Según el método estadístico, las repeticiones fueron los muestreos del peso promedio los cuales fueron al azar en cada una de las 4 unidades experimentales en un intervalo de 15 días.

6.9 Variable respuesta

La variable de respuesta fue el peso en gramos quincenal que se obtuvo en cada uno de los muestreos.

6.10 Manejo acuícola del experimento

El experimento estuvo bajo las mismas condiciones de control y de manejo en cada una de las unidades experimentales. El manejo acuícola en cuanto a limpieza, recambios de agua, horas de alimentación, forma de alimentación y suministro de agua fue el mismo.

6.11 Recolección de información

La información se obtuvo por medio de muestreos quincenales durante todo el tiempo de la investigación obteniendo el peso promedio de cada una de las unidades experimentales. Para la recolección de información se utilizó hojas de cálculo previamente desarrolladas (Anexo No. 1).

6.12 Análisis estadístico

El comportamiento en peso de los peces en ambos tratamientos en relación de peso alcanzado, se analizó mediante una prueba de hipótesis para diferencia entre medias con muestras dependientes o apareadas, a un valor alfa de 0.95.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la temporada de investigación se registró en la zona fuertes lluvias que provocaron alta sedimentación afectando la calidad del agua del Rio Nil, fuente principal de agua del sistema. Adicionalmente; facilito un cambio drástico en la temperatura del agua, condicionando que pudiera afectar el comportamiento productivo de los peces.

La falta de respuesta de los peces en el programa de alimentación industrial probablemente fue por variantes como: calidad del agua de la fuente principal, recambios de agua con características cambiantes del Rio Nil por fuertes lluvias que se presentan en el departamento de Retalhuleu y los cambios pronunciados en la temperatura del agua durante las 24 horas del día, pudiendo afectar en el aprovechamiento del alimento industrial con altos índices de proteína y grasas más digeribles, provocando que este no tuviera los resultados esperados.

La figura No. 2 muestra la tendencia en peso observada en los tratamientos evaluados.

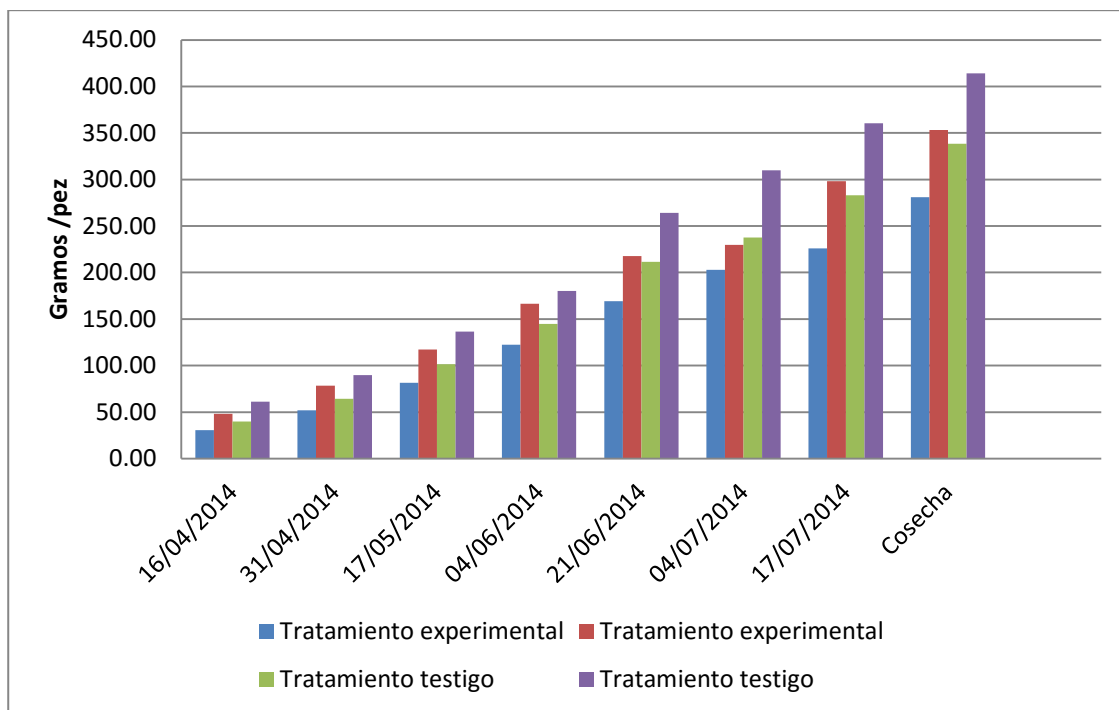


Figura No. 2. Tabla de crecimiento quincenal de tratamiento experimental y testigo (Trabajo de campo, 2014)

El cuadro 5 resume el comportamiento en peso de los peces bajo los distintos tratamientos evaluados.

Cuadro No. 5. Cuadro de ganancia diaria en muestreos quincenales realizados a piscinas evaluadas

Muestreo/Ganancia	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez	Ganancia diaria g/pez promedio
Piscina 6/industrial	1,43	1,96	2,76	3,1	2,24	1,54	3,66	2,38
Piscina 8/comercial	1,62	2,47	2,89	4,43	1,74	3,03	3,69	2,84
Piscina 26/industrial	2,01	2,57	3,28	3,4	0,81	4,54	3,66	2,90
Piscina 22/comercial	1,89	3,12	2,91	5,6	3,03	3,38	3,57	3,36

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

En general los peces aumentaron en peso a un ritmo de 2.86 gramos/pez diario superando en algunos datos quincenales los observado por personal de Cargill® en otros proyectos de tilapia *O. niloticus* cultivada en la costa sur de Guatemala. Los peces alimentados a saciedad con los dos programas de alimentación mostraron al principio del cultivo una tendencia creciente, decayendo en algunos puntos de la investigación por razones que no pueden manejarse como fueron las condiciones del ambiente que influyeron negativamente en la ganancia de peso esperadas por personal de Cargill® del programa de alimentación industrial.

El programa de alimentación industrial fue utilizado en las piscinas 6 y 26 del área de engorde del proyecto, teniendo un promedio de ganancia diaria de g/pez de 2.38 y 2.84 respectivamente y el programa de alimentación comercial fue utilizado en las piscinas 8 y 22 teniendo una ganancia diaria en g/pez de 2.84 y 3.36 respectivamente, mostrando que las piscinas evaluadas con el programa de alimentación comercial mostraron resultados de ganancia de peso más alta, a lo contrario de los esperados por la investigación.

La piscina número 6 (tratamiento experimental) muestra una curva de crecimiento ascendente teniendo un aumento de peso acumulado promedio de 280.98 gramos al finalizar el cultivo, probablemente afectado por las condiciones de lluvia (Figura No. 3).



Figura No. 3. Curva de crecimiento quincenal tratamiento experimental, piscina 6 (Trabajo de campo, 2014)

El crecimiento de peso de la piscina 26 (tratamiento experimental) desde el inicio mostró una alta tendencia al crecimiento teniendo una drástica caída del crecimiento a mediados del cultivo, pudiendo ser las fuertes lluvias en este período el causante de este resultado afectando en su totalidad la productividad del programa de alimentación (Figura No. 4).

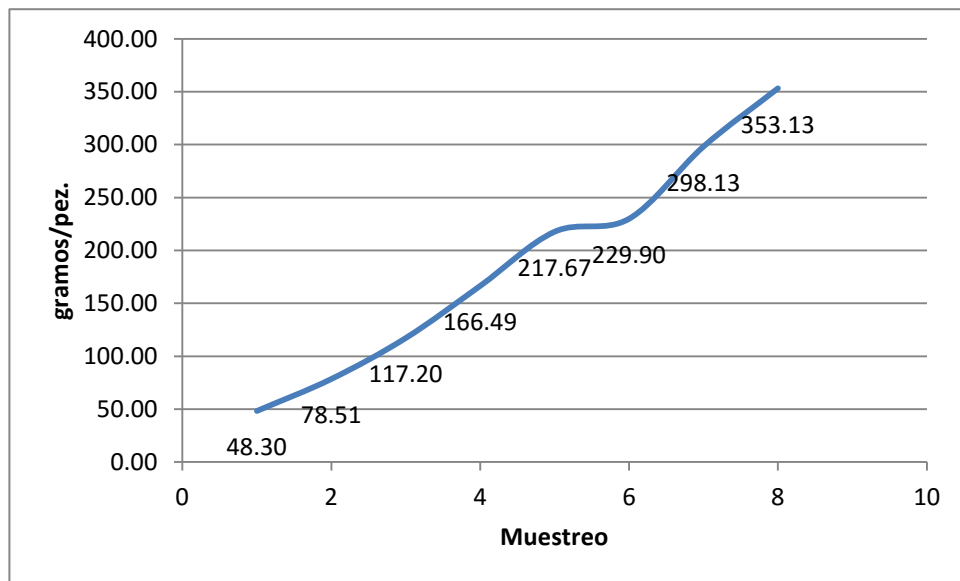


Figura No. 4. Curva de crecimiento quincenal tratamiento experimental, piscina 26 (Trabajo de campo, 2014)

El programa de alimentación comercial fue utilizado en la piscina 8 teniendo una curva de crecimiento constante durante el período experimental, logrando tener un elevado crecimiento a mediados del cultivo, a diferencia de lo observado en la piscina 6 y 26; mostrando que este programa se adapta muy bien a las condiciones diversas de manejo del cultivo en el proyecto (Figura No. 5).

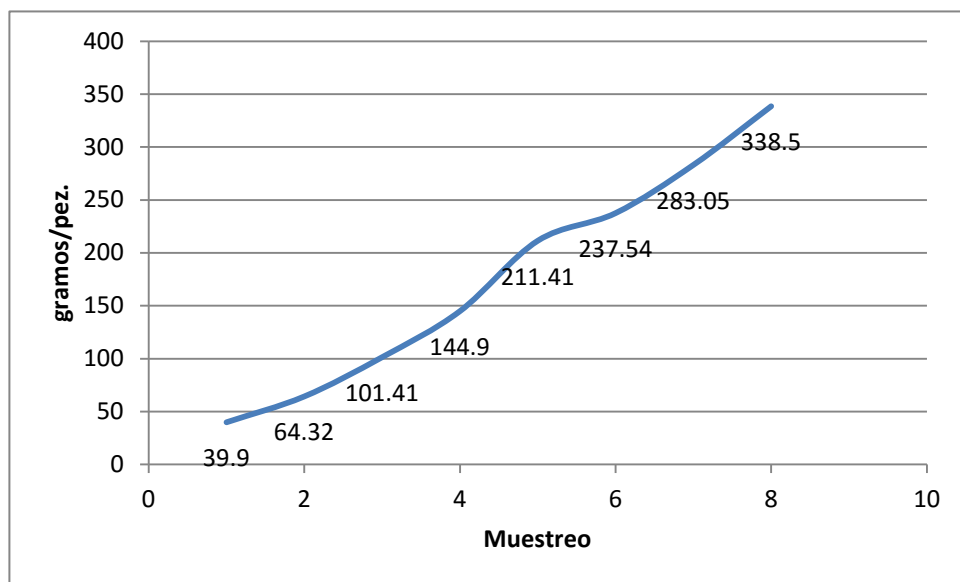


Figura No. 5. Curva de crecimiento quincenal tratamiento testigo, piscina 8 (Trabajo de campo, 2014)

La gran adaptabilidad de la especie *O. niloticus* a las condiciones adversas del manejo general del cultivo como son los cambios de calidad del agua y las temperaturas, están reflejadas en la piscina 22 en la cual se utilizó un programa de alimentación comercial que tuvo un alto rendimiento en todo el ciclo de cultivo (Figura No. 6).

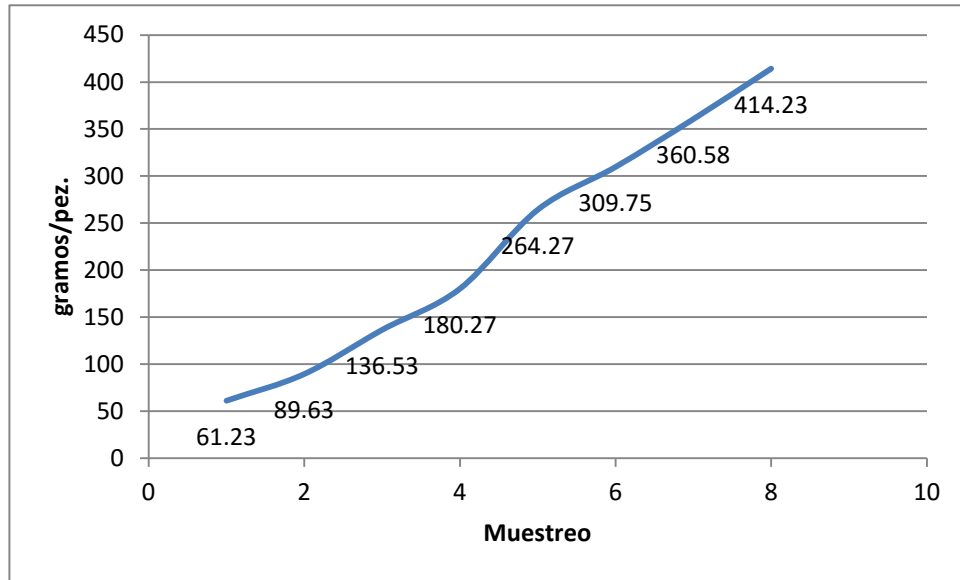


Figura No. 6. Curva de crecimiento quincenal tratamiento testigo, piscina 22 (Trabajo de campo, 2014)

Comparando los resultados observados en la investigación con otros del programa de alimentación industrial en otras instalaciones, se infiere que dadas las variantes ambientales y la calidad del agua de la fuente principal, los peces en tratamiento experimental no respondieron a las mejoras de nutrientes, digestibilidad y manejo de los alimentos ó probablemente a otras medidas de manejo no controladas.

La figura 7 resume la curva de crecimiento observada en las diferentes piscinas según tratamientos evaluados.

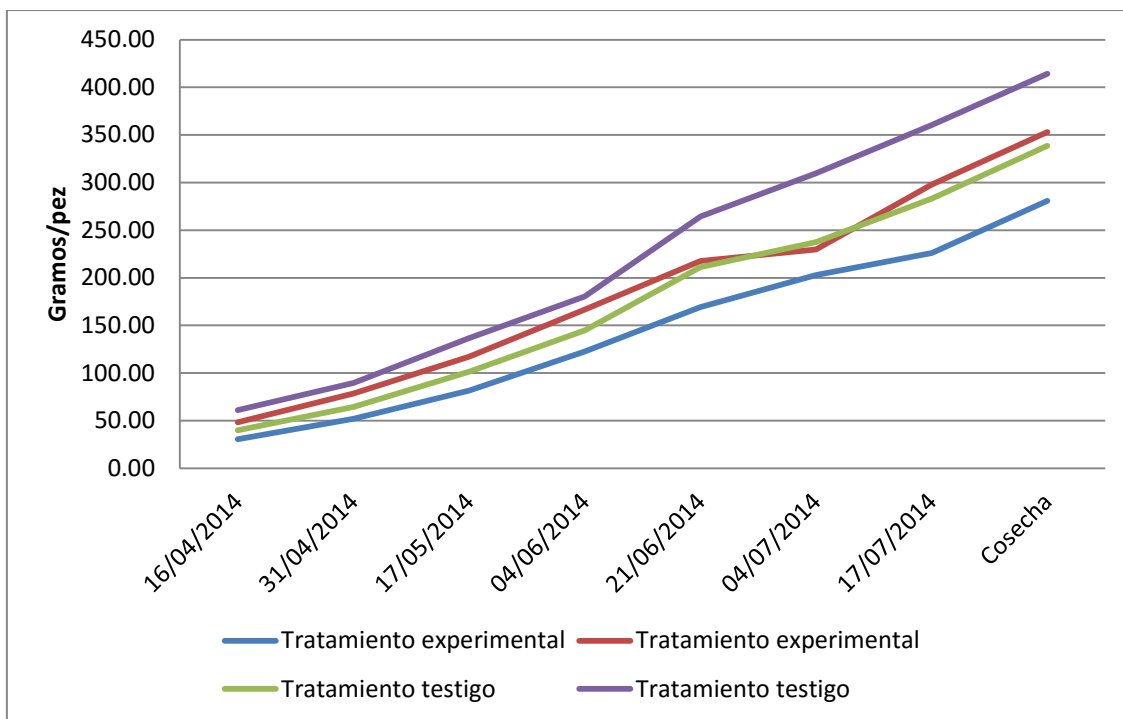


Figura No. 7. Curva de crecimiento productivo por piscina (Trabajo de campo, 2014)

El cuadro 6 resume la ganancia en peso quincenal observado en los peces bajo los tratamientos evaluados según muestreos.

Cuadro No. 6 Ganancia de peso en peces por muestreo en los tratamientos evaluados

Tratamiento	Muestreos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Industrial/ Pileta 6	30.51	52.00	81.44	122.53	169.12	202.83	225.98	280.98
Comercial/Pileta 8	39.9	64.32	101.41	144.9	211.41	237.54	283.05	338.5
Industrial/ Pileta 26	48.30	78.51	117.20	166.49	217.67	229.90	298.13	353.13
Comercial/Pileta 22	61.23	89.63	136.53	180.27	264.27	309.75	360.58	414.23

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Para evaluar el efecto de los programas de alimentación industrial y comercial, se corrió el análisis estadístico utilizando T de student en un ordenamiento de medias dependientes o apareadas, mostrando este una significancia entre los dos tratamientos y sus medias (p-value: 1,97E-05), es decir que la diferencia que hay entre las dos medias, no son atribuibles a situaciones de azar o error experimental, siendo los peces en el programa de alimentación comercial, superior al de programa de alimentación industrial (Anexo No. 2).

El alimento industrial mostró resultados diferentes al comercial, probablemente éste necesita de condiciones específicas de manejo totalmente controladas para su buen funcionamiento, las cuales en el tiempo de la investigación no fueron constantes ni estables, ya que en el año 2014 la precipitación de lluvia en la zona de Retalhuleu fue bastante voluminosa, logrando cambiar las condiciones del Rio Nil el cual es la principal fuente de agua del proyecto.

Ya que los dos programas de alimentación generan distinto efecto en cuanto a rendimiento en peso en cultivo intensivo de organismos *O. niloticus* en sistema circular dentro de la Finca Concepción Las Lomas, proyecto San Antonio, se acepta la hipótesis alterna.

8. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones de la investigación, los programas de alimentación con alimento comercial e industrial, mostraron una diferencia significativa en relación al crecimiento de la tilapia *O. niloticus*.
2. En términos productivos, el programa de alimentación comercial mostró mejores resultados, siendo éste el que mejor se adapta a las condiciones del sistema circular del proyecto San Antonio.
3. La alta precipitación de lluvia durante el tiempo de la investigación generó un cambio drástico en la calidad del agua de la fuente principal, afectando el rendimiento productivo de los peces; especialmente en el tratamiento con alimento industrial.

9. RECOMENDACIONES

1. Previo a proponer cambios en los programas de alimentación, deberán revisarse las BPM intentando que sea solamente el efecto del alimento el que muestre las diferencias.
2. Ampliar la información de cada programa de alimentación que las casas productoras presenten previo a su utilización para que su uso sea de beneficio para los distintos tipos de cultivo.
3. Utilizar esta referencia para que los porcentajes de proteína en los alimentos que se utilizan no sean la primera señal la cual garantizara una mejor producción.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Bautista Covarrubias, J. C., y Velazco Arce, J. M. (2011). *Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana* [en línea]. Recuperado febrero 17, 2015, de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
2. Cargill®. (2008). *Purina: Productos tilapia* [en línea]. Recuperado abril 27, 2014, de <http://www.nutrimientospurina.com.gt/Screens/Tilapia1.aspx>
3. Chol, C., y Dominique, P. (1980). *Aspectos bioenergéticos en la nutrición acuícola: Bioenergética en la formulación de dietas y estándares de alimentación para la acuicultura del salmón* [en línea]. Recuperado mayo 6, 2014, de <file:///C:/Users/hp/Downloads/Bioenerg%C3%A9tica%20en%20organismos%20acu%C3%ADcolas.pdf>
4. Food and Agriculture Organization [FAO]. (2015). *Sistema de información sobre alimentos y recursos fertilizantes para la acuicultura* [en línea]. Recuperado febrero 17, 2015, de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>
5. FAO. (2014). *Alimentos complementarios y alimentación: Sistema de información sobre alimentos y recursos fertilizantes para la acuicultura de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación la Agricultura* [en línea]. Recuperado mayo 3, 2014, de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/alimentos-complementarios-y-alimentacion/es/>
6. Nicovita. (2003). *Manual de crianza de tilapia Nicovita* [en línea]. Recuperado abril 28, 2014, de http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/manual_crianza_tilapia.pdf
7. Nieves Hurtado, A., y Domínguez Sánchez, F. C. (2010). *Probabilidad y estadística para ingeniería: Un enfoque moderno*. Mexico: Mcgraw-Hill.
8. Toledo P., S., y García C., M. (2001). *Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe* [en línea]. Recuperado abril 27, 2014, de http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf

11. ANEXO

Hypothesis Test: Paired Observations

0,00000	hypothesized value
167,17000	mean Industrial
202,34500	mean Comercial
-35,17500	mean difference (Industrial - Comercial)
23,00234	std. dev.
5,75059	std. Error
16	N
15	Df
-6,12	T
1,97E-05	p-value (two-tailed)
-47,43208	confidence interval 95.% lower
-22,91792	confidence interval 95.% upper
12,25708	margin of error

Anexo No. 2. Prueba de hipótesis para diferencia entre medias con muestras dependientes o apareadas (Trabajo de campo, 2015)