

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

“Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)”

Por: **Victor Edy Gamboa López**
insepral@gmail.com
Carné No. 9540654

Mazatenango, Suchitepéquez, Octubre de 2018

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

“Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)”

Presentado por:

VICTOR EDY GAMBOA LOPEZ

insepral@gmail.com

Carné No. 9540654

Asesores:

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Ing. Marvin Manolo Sánchez López

Mazatenango, Suchitepéquez, Octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo
General

Secretario

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. José Norberto Thomas Villatoro

Secretario

Dra. Mirna Nineth Hernández Palma

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Ángel Estuardo López Mejía

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

Lcda. Elisa Raquel Martínez González

Vocal

Br. Irrael Esduardo Arrianza Jerez

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar

Coordinador Académico

MSc. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa

Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edin Anibal Ortiz Lara

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Mauricio Cajas Loarca

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Agr. Edgar Guillermo Ruiz Recinos

Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Rodrigo Almengor Posadas

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

MSc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinadora de las carreras de Pedagogía

Lic. Heinrich Herman León

Coordinador Carrera Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

Dedicado primeramente a Nuestro Padre Celestial por permitirme llegar a este momento especial, brindándome el tiempo y sabiduría para culminar ésta etapa de mi vida.

A mis padres Inés Victor Gamboa y María Enriqueta López Rodas, deseo dedicar el esfuerzo y constancia invertidos, ellos han sido mi pilar y ejemplo.

A mis hijos Laura Victoria y Edy Gustavo, quienes han sido mi motivación e inspiración.

De igual forma a mi familia, amigos, compañeros, catedráticos y los que han decidido no ser mis amigos, todos ellos han fortalecido mi carácter y tenacidad, para lograr mis metas personales.

Deseo dedicar este trabajo a aquellos científicos que consideren más importante el indagar en el campo, que conjeturar en un cuarto.

Victor Edy Gamboa López

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Jesucristo, por su ejemplo de humildad, sabiduría, y amor para la humanidad, que aunque su influencia parezca intangible, su grandeza inspira conocimiento y ciencia.

A mis hermanas y hermanos, tesoros emocionales de mi vida, por su constante ayuda, quienes con sus gestos y palabras sencillas, fueron y son mi inspiración para trazar y culminar todas mis metas. Quienes no vacilaron en brindarme su apoyo y ayuda.

Al Centro Universitario del Sur Occidente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, lugar donde mi visión de la realidad se amplió gracias a las enseñanzas, convivencias y amistad con los docentes a través de toda la carrera universitaria.

En forma muy especial a mis asesores MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo e Ing. Marvin Manolo Sánchez López por sus conocimientos técnicos aportados.

A los compañeros de estudio, con quienes compartí varias jornadas de trabajo y esparcimiento. En especial a los que me motivaron con una competencia sana a llegar a las metas de cada semestre.

Finalmente y de manera muy especial, deseo agradecer a mi Ángel, que llego, me fortaleció, me motivo y me corrigió con palabras suaves, llenas de espiritualidad.

Victor Edy Gamboa López

ÍNDICE

Tabla de contenido	Página
INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	iii
INDICE DE CUADROS.....	iv
1. RESUMEN Y ABSTRACT	1
2. INTRODUCCION.....	2
3. DEFINICIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
4. JUSTIFICACIÓN.....	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Antecedentes.....	5
5.2. Alimento balanceado	8
5.2.1 Tipos de alimentos balanceados.....	8
5.2.2 Producción de alimentos balanceados	9
5.2.3 Concentrado	9
5.2.4 Materias primas para elaboración de concentrado para tilapia	9
A. Materias primas de origen vegetal.....	10
B. Materias primas de origen animal	16
5.3 Tilapia	22
5.3.1. Generalidades.....	22
5.3.2. Características de la tilapia	23
5.3.3. La tilapia, calidad como alimento.....	24
5.3.4. Clasificación taxonómica.....	25
5.3.5. Alimentación.....	26
5.3.6. Necesidades nutricionales de la tilapia	28
5.3.7. Aprovechamiento del alimento	32
5.4. Extrusado	33
6. OBJETIVOS.....	35

6.1.	General.....	35
6.2.	Específicos	35
7.	HIPÓTESIS.....	36
8.	RECURSOS	37
8.1.	Recursos.....	37
8.1.1.	Humanos	37
8.1.2.	Institucionales	37
8.1.3.	Materiales y equipo.....	37
8.1.4.	Instrumentos.....	37
9.	DISEÑO ESTADÍSTICO	39
9.1.	Métodos para detectar diferencias	39
10.	MARCO OPERATIVO.....	41
10.1.	Control de calidad.....	41
10.2.	Formulación.....	43
10.3.	Procesamiento de pellets.....	44
10.3.1.	Molienda.....	44
10.3.2.	Mezclado	44
10.3.3.	Extrusado:.....	44
10.3.4.	Enfriado:	45
10.3.5.	Tamizado	45
10.3.6.	Empacado, pesado y sellado:.....	45
10.4.	Determinación de la flotabilidad:	45
10.5.	Análisis Bromatológico:	46
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
12.	CONCLUSIONES	55
13.	RECOMENDACIONES.....	56
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
15.	ANEXO.....	60
16.	APENDICE	66
17.	GLOSARIO.....	72

INDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: producción pesquera mundial	5
Figura No. 2: producción mundial de pescados	6
Figura No. 3: evolución de la acuicultura en 50 años	6
Figura No. 4: flotabilidad ideal para concentrados de tilapia	27

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: contenido de vitaminas del grano y gluten de maíz	12
Tabla No. 2: perfil de aminoácidos de la harina de maíz y del gluten de maíz	12
Tabla No. 3: composición de ácidos grasos del maíz y productos	13
Tabla No. 4: contenido de minerales de varios productos del maíz	13
Tabla No. 5: contenido de nutrientes en el ajonjolí	15
Tabla No. 6: resumen de la composición química y nutricional de las excretas de aves	17
Tabla No. 7: comparación de la gallinaza con otras fuentes de proteínas	18
Tabla No. 8: composición química promedio de la tilapia	24
Tabla No. 9: tamaño de pellet recomendado de acuerdo al estadio de crecimiento	28
Tabla No.10: requerimientos de proteína para tilapia según su peso	29
Tabla No.11: coeficiente de digestibilidad aparente de la proteína de distintas materias primas animales y vegetales	29
Tabla No.12: requerimientos nutricionales de vitaminas en la dieta para la tilapia	30
Tabla No.13: requerimientos de minerales en la dieta para tilapia	31

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1: composición concentrado comercial	9
Cuadro No. 2: resumen requerimientos nutricionales para engorde de tilapia	31
Cuadro No. 3: fórmula base de concentrado para engorde de tilapia	43
Cuadro No. 4: análisis proximal de materias primas	47
Cuadro No. 5: características físicas y organolépticas de materias primas	48
Cuadro No. 6: balance de materias primas y formulación	49
Cuadro No. 7: comparación de formulaciones	50
Cuadro No. 8: densidad aparente de repeticiones CC y F1	52
Cuadro No. 9: porcentaje de flotabilidad de concentrado comercial CC y Fórmula desarrollada F1 en diez minutos	53

1. RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

Los alimentos balanceados en el engorde de tilapia deben cumplir con características físicas esenciales, entre esta la capacidad de flotar en las piscinas de cultivo. La flotabilidad, ayuda al aprovechamiento del alimento en el estanque y evita el desperdicio.

En esta investigación se desarrolló una fórmula de alimento balanceado F1 y se comparó con un concentrado comercial CC, validando la hipótesis en la cual se aceptó estadísticamente por no tener diferencia significativa entre ambos utilizando la prueba t student.

Los niveles nutricionales se basaron en un alimento con un 28% de proteína, enfocado a engorde de tilapia. En los resultados bromatológicos teóricos de la fórmula F1, se obtuvo 28.03% de proteína cumpliendo con el requerimiento mínimo, y se confirma con el análisis bromatológico en laboratorio con un 27.12% de proteína.

ABSTRACT

Balanced feed in tilapia fattening must meet essential physical characteristics, including the ability to float in cultivation pools. The floatage, helps the use of food in the pond and prevents waste.

In this investigation, an F1 balanced feed formula was developed and compared with a CC commercial concentrate, validating the hypothesis in which it was statistically accepted because there was no significant difference between the two using the student t test.

The nutritional levels were based on a food with 28% protein, focused on tilapia fattening. In the theoretical bromatological results of formula F1, 28.03% of protein was obtained fulfilling the minimum requirement, and it is confirmed with the bromatological analysis in laboratory with 27.12% of protein.

2. INTRODUCCIÓN

La flotabilidad (Vargas, 2003) en los concentrados de engorde para tilapia, es una característica importante en su cultivo. El cultivo de peces a nivel mundial se incrementa en un 9.50% al año (Finelli, 2009), considerando que por cada kg ganado de peso se necesitan de 1.3 a 1.5 kg de concentrado (Saavedra, 2006), el volumen de consumo de alimento también se incrementa a este ritmo.

La flotabilidad (Vargas, 2003) del concentrado, debe ser de diez minutos para que los peces logren consumir y no se tenga desperdicios en el estanque, esto hace que se contamine de materia orgánica innecesaria y se pierde alimento que se traduce en pérdida económica (ONU, 2015) para los acuicultores, esto es importante porque se considera que casi el 50% de los alimentos se pierden o desperdician (Gamboa V. F., 2015). Se formuló un concentrado que llena los requerimientos nutricionales para engorde de tilapia y cumple con una flotabilidad mínima de diez minutos. También, se utilizó materias primas de mermas de otros procesos para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. ODS, establecidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2015) considerando cuatro objetivos: 2; Hambre cero, 9; industria, innovación e infraestructura, 12; producción y consumo responsable y 13; acción, por el clima y cumplir con su política ambiental.

Se proporcionó en la fórmula del concentrado, una cantidad adecuada de proteínas, grasas, fibra, carbohidratos, humedad, vitaminas, minerales y procesado por el método de extrusión. Con el fin de dar una alternativa de alimento de calidad para el engorde de tilapia gris, se realizó la “**comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)**”, elaborado a base de materias primas de buena calidad considerando sus cualidades bromatológicas y organolépticas, tales como maíz amarillo, gallinaza, naranja, zanahoria, agua, ajonjolí, etc. Con esta investigación la Universidad de San Carlos de Guatemala contribuyó en la búsqueda y validación de nuevas fórmulas que lleven a obtener un engorde adecuado para la tilapia, produciendo una alternativa de alimentación y con una flotabilidad adecuada.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial la población sigue creciendo, y para mantener el nivel de consumo per cápita de alimentos acuáticos (19.7 kg en el 2013), se requerirá un adicional de 23 millones de toneladas para el 2020. Este abastecimiento adicional tendrá que provenir desde la acuicultura. Para satisfacer la demanda futura de alimentos, la acuicultura depende principalmente de la disponibilidad de piensos de calidad a precios accesibles.

Entre los años 1990 y 2000 se incrementó la producción de tilapia en un 9.50% al año. La alimentación de la tilapia actúa como un factor limitante porque se necesita de 1.3 a 1.5 kg de piensos para obtener un kilogramo de peso, siendo la conversión alimentaria y la flotabilidad una característica importante en la eficiencia de la producción de tilapia, ya que es un indicador de eficiencia en la alimentación de los peces, cuando se producen nuevas fórmulas deben cumplir con un tiempo mínimo de diez minutos en el espejo de agua.

Para contribuir a resolver el problema de la demanda de piensos y la flotabilidad de estos, se elaboró un alimento balanceado para el engorde de la tilapia gris, a base de una mezcla de gallinaza, maíz amarillo, ajonjolí, zanahoria, naranja, harina de pescado y agua, en donde además de ofrecer un producto de calidad, debe flotar dentro del estanque hasta ser consumido por los peces, para evitar que se precipite al fondo, ya que al ocurrir esto provocaría una descomposición acelerada de la materia orgánica, que a su vez alteraría la calidad del agua en el sistema productivo y se perdería el alimento. Para evitar esto, se comparó la flotabilidad con un concentrado comercial CC de 28% de proteína y la fórmula desarrollada F1.

Cuando se utilizan materias primas de subproductos o mermas de otros procesos se contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles del 2030 (ONU, 2015).

En virtud a lo anterior se plantea la siguiente interrogante:

¿Será que existe diferencia estadística significativa en la flotabilidad de un concentrado comercial en comparación con una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)?

4. JUSTIFICACIÓN

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y alimentación, MAGA (MAGA, 2017) en Guatemala trabajó en programas para el combate de la desnutrición por los próximos tres años, los productores de tilapia trabajarán en conjunto para incrementar la producción de la especie, pues el 40% del consumo de la pesca y acuicultura, es de tilapia. La importancia de incluir la tilapia en la dieta es el contenido nutricional, como fósforo y omega 3 que contribuye a la seguridad alimentaria de los guatemaltecos según el MAGA.

Es importante obtener nuevas alternativas de alimentación y producción de concentrados para tilapia, para que las zonas productoras puedan producir su propio alimento. Esto será una alternativa para los acuicultores de tilapia. Además, se puede utilizar mermas agroindustriales que ayudan a cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, (ONU, 2015).

La cantidad de alimento suministrado en los estanques puede ser la óptima, pero si la flotabilidad de los gránulos es menor que el tiempo que duran los peces alimentándose, incluso aquellos voraces como las tilapias, la eficiencia alimentaria indicó que la conversión lograda es baja, debido a que la flotabilidad o la cantidad de los alimentos es pobre. Por tal razón, la calidad en el alimento balanceado se relaciona con la calidad de los ingredientes y las características físicas, en donde uno de los inconvenientes indeseables es la baja flotabilidad, por esa razón se comparó la flotabilidad de un concentrado comercial CC y la fórmula desarrollada F1, en el CUNSUROC para el engorde de tilapia, ya que de esto depende el consumo de alimento y la conversión alimenticia. En esta formulación se usó maíz amarillo, gallinaza, zanahoria, naranja, harina de pescado, agua, los cuales en su mayoría son de mermas de la agroindustria, porque esto ayudó a evitar la pérdida y desperdicios de alimentos.

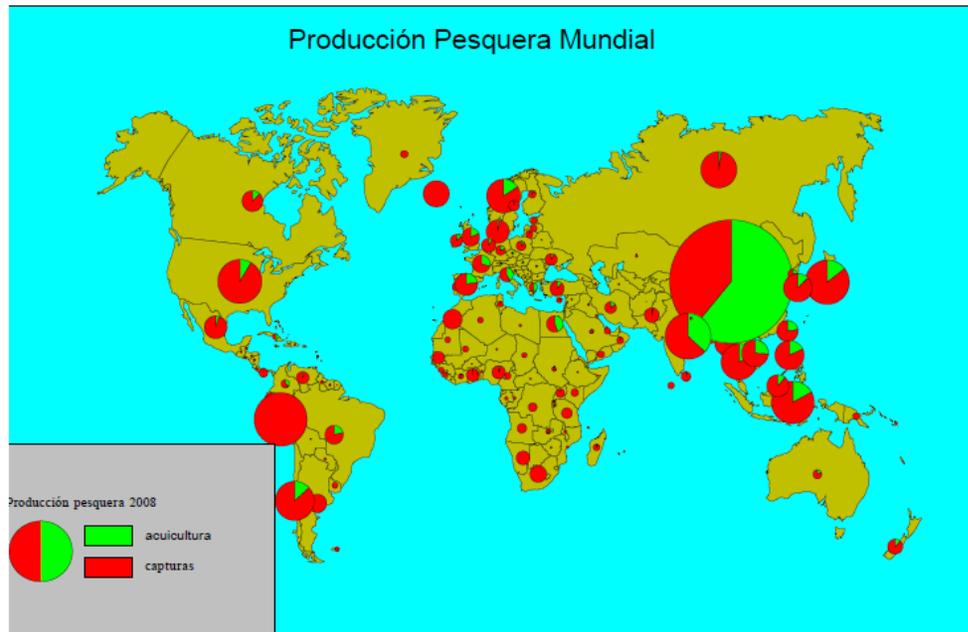
5. MARCO TEÓRICO

5.1. Antecedentes

A. Cultivo de peces a nivel mundial

El cultivo de peces en el mundo es de gran importancia para la economía y para la alimentación. En el año 2008, como se muestra en la Figura No. 1, la producción pesquera se divide en: capturas y acuicultura. En la zona Centroamericana y en especial Guatemala, se producen cantidades pequeñas y se dedican a la captura (Finelli, 2009).

Figura No. 1: producción pesquera mundial



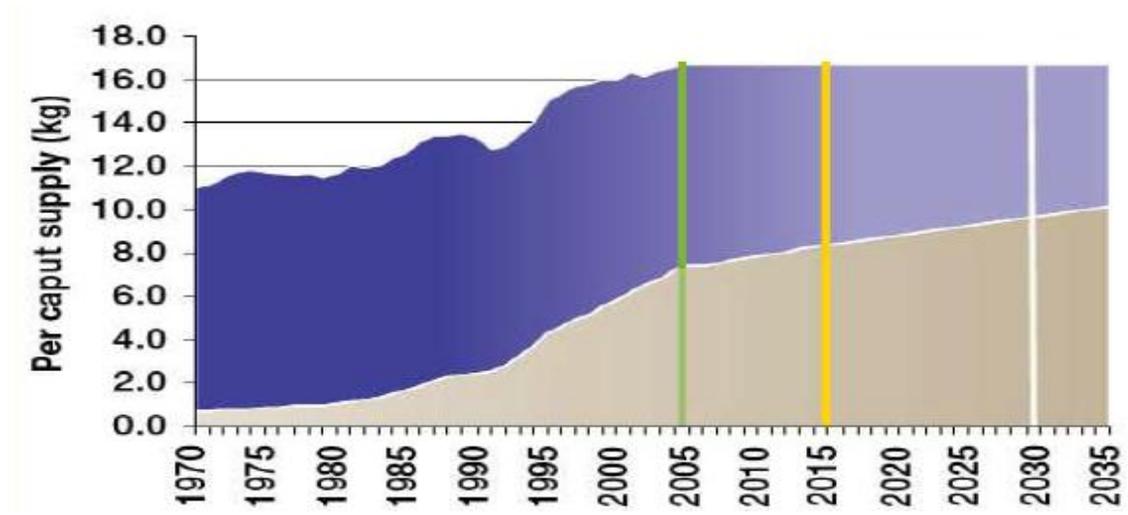
Fuente: (Finelli, 2009)

La producción mundial y la proyección para los siguientes años, puede observarse en la Figura No. 2, donde se proyecta desde el año 1970 al año 2035, según (Finelli, 2009), se ha incrementado el volumen de peces producidos en estanques y la pesca de captura se ha mantenido.

El incremento en la tasa de evolución de la acuicultura en los últimos 50 años se observa en la Figura No. 3, en donde entre los años 1950 y 2000 se

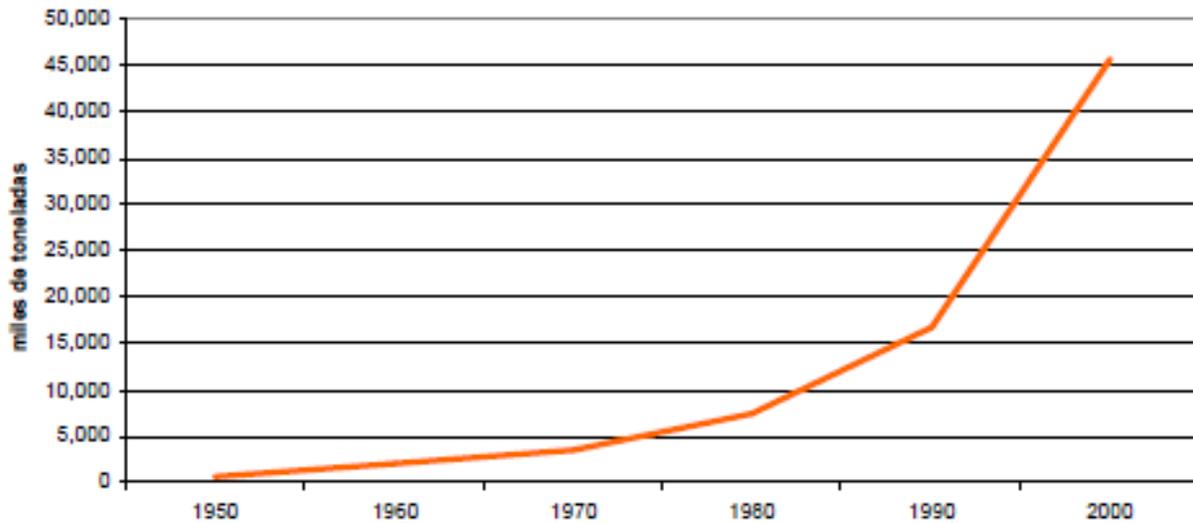
incrementó 8.73% al año, entre los años 1980 y 2000 se incrementó 9.09% al año y entre los años 1990 y 2000 se incrementó 9.50% al año.

Figura No. 2: producción mundial de pescados



Fuente: (Finelli, 2009)

Figura No. 3: evolución de la acuicultura en 50 años



Fuente: (Finelli, 2009)

Los incrementos en la acuicultura, conlleva tener disponibles alimentos para la crianza de los peces. Las fórmulas para concentrado han llevado a la búsqueda intensa de nuevas materias primas, varios investigadores han realizado trabajos en búsqueda de las mejores combinaciones, comúnmente se busca de calidad nutricional a bajo costo, además, el considerar materias primas agropecuarias locales tiene un beneficio en la logística.

Dentro de este crecimiento, la tilapia ocupa uno de los lugares primordiales de cultivo, ya que se presenta como las alternativas más ventajosas para la producción de proteína sana y barata, dado sus altos rendimientos, debido a que su crecimiento es mayor que el de otras especies en sistemas de cultivo intensivo.

Debido a esta explosión en el cultivo de la tilapia en la región, existe una tendencia creciente a intensificar los sistemas de cultivo, lo que conlleva a la intensificación de la alimentación.

La tilapia se debe alimentar con dietas adecuadas para obtener; crecimientos rápidos, bajas tasas de conversión alimenticia, animales sanos, bien fortificados, bajas mortalidades y buena calidad del producto para el mercado.

B. Cultivo de peces en Guatemala

El consumo nacional de pescado *per cápita* ha crecido desde el año de 1960. No dejando por un lado las variaciones entre el departamento de Guatemala y los demás departamentos que conforman el país, que el consumo medio de pescado ha sido siempre mayor en la capital que en el interior.

El consumo per cápita de Guatemala es de 1.4 kg, se recomienda 12 kg de consumo por año (Valentina Stutzin, 2016).

Para un guatemalteco del área rural, la producción de tilapia en el patio del hogar, representa tener alimento para su familia y la activación de la economía. El MAGA apoyó en la construcción de 1 mil 641 charcas artesanales

para la producción de alevines de tilapia en Petén. En 2016 se entregó 82 mil peces que contribuye en la seguridad alimentaria de 43 mil 745 familias que en 4 a 6 meses cultivan tilapias de una libra. En Guatemala la producción de tilapia es de 10 mil toneladas métricas concentrada en la Costa Sur y el área del Atlántico, con beneficio a 25,250 guatemaltecos de manera directa e indirecta (MAGA, 2017).

La agrocadena de tilapia genera 25,300 millones de dólares en divisas, que por cada un mil toneladas de producción anual brinda oportunidades de desarrollo a 375 personas directas y 2,150 indirectas. Es así como la acuicultura se convierte en fuente de desarrollo para mejorar la calidad de vida de las personas, debido a que existe una riqueza de productos que contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional de los ciudadanos (MAGA, 2017).

5.2. Alimento balanceado

Se entiende por alimento balanceado a aquel en que la materia prima usada es utilizada en justas proporciones y porcentajes, y si a eso se le suma calidad de materias primas, se obtiene un alimento excelente.

5.2.1 Tipos de alimentos balanceados

Alimentos balanceados que se conocen actualmente en el mercado:

a. Alimento completo

Depende de la edad del animal, cumple con los requerimientos diarios de alimentación, proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales.

b. Aditivo alimentario

Cubre una necesidad específica. Pueden ser minerales, vitaminas u otros específicos, a una deficiencia en la nutrición.

c. Alimento compuesto

Mezcla de ingredientes o materias primas, suministrados por vía oral, con un propósito de nutrición, crecimiento, engorde o mantenimiento.

d. Alimento con medicamento

Producto nutritivo con medicación que previene o cura enfermedades. Este puede ser programado en base a la edad de la tilapia, y puede enfocarse a la prevención de enfermedades.

e. Alimentos energéticos y proteicos

Contienen fibras y proteínas, enfocadas al crecimiento del alevín. Estas son proporcionadas en las primeras etapas del crecimiento.

5.2.2 Producción de alimentos balanceados

La producción de balanceado tiene como principal destino a la actividad avícola que en su conjunto aporta entre el 75% y el 67% del total producido a nivel nacional, con una relación engorde/ponedora de 3:1. Le sigue en importancia el balanceado para bovinos de carne y leche, con participación de a 23%.

Luego en importancia se ubica el incremento relativo del alimento balanceado con destino a la producción porcina con 22%, a partir de un mayor grado de tecnificación en los aspectos nutricionales (ACPA, 1997, p 34).

5.2.3 Concentrado

Alimento combinado con otro para mejorar el balance nutritivo del producto y que será posteriormente diluido y mezclado para producir un suplemento o un alimento completo (ACPA, 1997, p 36) (Fontana 28%, ALIANSA)

Cuadro No. 1: composición concentrado comercial

Humedad.....	13.0%(máx.).	Energía digestible:	2,200kcal/kg.
Proteína cruda.....	28.0%(min).	Calcio.....	1.0%(min).
Grasa cruda.....	4.5%(min).	Fósforo.....	0.5%(máx.).
Fibra cruda.....	5.0%(máx.).	Sal.....	0.7%(min).
Ceniza.....	7.0%(máx.).		0.9% (máx.).

Fuente: (Castillo, 2014)

5.2.4 Materias primas para elaboración de concentrado para tilapia

Los principales ingredientes de origen agrícola son los cereales como el sorgo, el maíz y las tortas de semillas oleaginosas, sub-productos que resultan de haber removido la mayor parte de aceite.

Se puede considerar el alimento balanceado para animales como un bien de consumo intermedio compuesto por ingredientes de origen agrícola, animal y mineral. Los productos de origen animal (harina de carne, harina de sangre, harina de pescado, harina de huesos, productos lácteos, entre otros) y los ingredientes de origen mineral (calcio, fósforo, sal, entre otros) se administran en cantidades más pequeñas que los de origen vegetal y que su finalidad es compensar las deficiencias de algunos aminoácidos, minerales y vitaminas necesarios para una mejor asimilación del alimento (ACPA, 1997, p 45).

A. Materias primas de origen vegetal

Su composición en sustancias nutritivas es muy variable y con frecuencia desequilibrada, se emplean usando mezclas de unos con otros, para que se complementen entre sí. Su gran aporte es el volumen que dan a la ración.

a. Cereales

Los cereales, fuente esencial de carbohidratos, fueron la base alimenticia en el nacimiento de la agricultura y con ella, en la aparición de grandes civilizaciones. Sus aportes nutritivos, su gran versatilidad culinaria (para la elaboración de panes, pasta, y otros alimentos a partir de la harina de cereal) y porque su bajo contenido en agua facilita su conservación, han determinado la importancia de los cereales en la alimentación humana.

Su valor nutritivo es variable según el tipo de cereal. Por cada 100 gr, las Kcal pueden ir de las 1.530 de la avena a las 1.340 de la espelta, sólo dos Kcal por debajo del trigo (1342 Kcal). El arroz aporta 1.492 Kcal x 100 g, y el maíz, 1.498 x 100 g (ACPA, 1997, p 35).

En todo caso, el nutriente más importante es el hidrato de carbono, que según el cereal puede ir cerca del 60% a poco más del 70%. Arroz (con un 75%), maíz (71%) y trigo (70%), son de los más ricos en carbohidratos, mientras que la avena es uno de los cereales que menos contiene (63%).

La proteína también es variable (de 8 al 13%), y en todo caso, se considera de baja calidad, por lo que es recomendable mezclar el cereal con

alimentos como legumbres (alubias, garbanzos, lentejas, entre otras), para generar así proteínas de alta calidad (ACPA, 1997, p 38).

Los cereales en general son bajos en grasas, con cantidades del 2 al 5%, siendo la avena la más rica (algo más del 7%), seguida por el maíz (cerca del 4%). Cabe decir que la mayoría del contenido graso de los cereales son grasas insaturadas, beneficiosos para el organismo.

Además, los cereales contienen minerales como calcio, hierro, magnesio y potasio, vitaminas B y E, siendo el maíz el único que contiene vitamina A en forma de carotenos. Las vitaminas, sin embargo, pueden perderse según el proceso industrial con el que haya sido tratado el cereal, al igual que sucede con la fibra, presente en cantidades que pueden ir del 2 al 11%.

i. Maíz amarillo

El maíz es una gramínea de la Familia Poacea cultivada para consumo alimentario, tanto humano como animal o procesado en gran variedad de productos industriales. El maíz puede ser utilizado como alimento en cualquiera de las etapas de su desarrollo. Desde el aspecto nutricional presenta mayor cantidad de grasa, hierro y fibra que el arroz. La principal proteína es la Zeina, que tiene un bajo contenido de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (*Alvarado, 1991*).

Es el energético por excelencia. Muy paleable, pero muy bajo en proteína y minerales. No presenta limitaciones mayores de uso a condición que los animales suplementados dispongan de la “cuota” de fibra efectiva diaria, y que siempre que sea necesario suplementar más de 5 kg al día se lo haga en al menos 3 comidas al día distanciadas entre sí en al menos 4 horas. No tiene requerimientos mayores de molienda y se recomienda usarlo con un “partido” grueso en el cual en promedio cada grano es dividido en fracciones. Este grano es ampliamente utilizado en raciones para aves y cerdos, pero es necesario combinarlo con otros para suplir deficiencias. El maíz opaco es el más utilizado para cerdos por sus altos niveles en lisina, metionina y triptófano comparadas con el maíz común (véase, anexo I: bromatológico de materias primas, p 60).

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A o carotenoide y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente. Según estudios recientes, si se mejora la calidad proteínica del maíz aumenta la transformación de beta-caroteno en vitamina A.

El maíz no tiene vitamina B₁₂ y el grano maduro contiene sólo pequeñas cantidades, en caso de que las haya, de ácido ascórbico. Otras vitaminas, como la colina, el ácido fólico y el ácido pentatónico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas (Gatlin, 2013).

Tabla No.1: contenido de vitaminas del grano y gluten de maíz

Vitamina	Maíz	Gluten de maíz
Vitamina E	-	23
Biotina	-	0.20
Colina	-	344
Tiamina	0.48	-
Rivoflavina	0.10	-
Niacina	1.85	-
Carmeno	0.30	-

Valores expresados como mg/100g alimento.

Fuente: FAO (1993)

Tabla No. 2: perfil de aminoácidos de la harina de maíz y del gluten de maíz

Aminoácidos	Maíz^a	Gluten de maíz^b
Treonina	3.1	3.41
Cistina	1.2	1.89
Valina	4.3	4.87
Metionina	1.7	1.79
Isoleucina	3.7	4.21
Leucina	13.6	16.55
Tirosina	3.6	0.56
Fenilalanina	5.3	5.60
Histidina	2.0	2.40
Triptofano	0.4	1.01
Lisina	2.1	2.61
Arginina	3.6	2.27
Glicina	2.6	2.59
Alanina	10.8	8.69
Prolina	8.3	10.25
Serina	5.0	4.95
Ac. Glutámico	12.4	19.95
Ac. Aspartico	6.8	5.63

Valores expresados en % de proteína

Fuente: (a) maíz amarillo de EEUU, FAO (1993); (b) Lucas (2007) expresado como materia húmeda g/100g proteína.

Tabla No. 3: composición de ácidos grasos del maíz y productos

Acidos Grasos (%)	Maíz^a	DDGS^{a**}	Gluten de maíz^{b*}
Ac. grasos saturados	0,46	-	0,31
Ac. grasos monoinsaturados	0,98	-	0,62
n-6 HUFA	0,00	-	0,00
n-6 PUFA	2,11	-	1,41
n-3 HUFA	0,00	-	0,00
C16:0 Palmítico	11.0	11.0	17.9 ^{a*}
C18:0 Esteárico	2.0	2.0	2.0 ^{a*}
C18:1 Oleico	27.0	27.0	40.0 ^{a*}
C18:2 Linoleico	56.0	56.0	36.6 ^{a*}
C18:3	1.0	1.0	1.1 ^{a*}

Valores expresados en % de alimento. *Gluten de maíz 60%.

**Granos de destilería de maíz desecados/solubles (DDGS).

Fuente: (a) FAO (1993); (b) Guillaume et al. (2001)

Tabla No. 4: contenido de minerales de varios productos del maíz

Minerales	Harina de maíz Integral^a	Harina de gluten de maíz	DDGS^c
Fósforo	0.27	0.48	0.71
Potasio	0.32	0.20	0.44
Calcio	-	0.07	0.15
Magnesio	0.09	0.08	0.18
Sodio	0.05	0.06	0.57
Azufre	-	0.65	0.33
Hierro (ppm)	230	282.0	223
Cobre (ppm)	-	24.0	58
Zinc (ppm)	17	31.0	89
Manganeso (ppm)	4	7.0	25

Valores expresados como % de materia seca

Fuente: (a) adaptado de www.botanical-online.com/maizharina.htm; (b) Weigel et al. (1997); (c) IOWA CORN. www.iowacorn.org.

b. Harina de ajonjolí

La semilla de ajonjolí (*Sesamun indicum*) es de las oleaginosas más antiguas del mundo. En Mesopotamia, en la India, en Egipto, en China y en Grecia, sus semillas eran muy apreciadas como un alimento exquisito y energético.

Ampliamente cultivado en los países de Oriente medio y en la India, su

cultivo se ha extendido a otras regiones tropicales y subtropicales.

La producción de torta de ajonjolí ocupa el tercer lugar entre los subproductos de la industria de aceites vegetales.

Su utilización en raciones alimenticias para animales se ha hecho en remplazo de la torta de soya, en donde se obtienen muy buenos resultados en cuanto a reconocimiento y aumento de peso.

El ajonjolí contiene proteínas de alta calidad en un 25% de su composición, además de ser rico en metionina un aminoácido esencial.

Es uno de los alimentos más concentrados de calcio, contiene por cada 100 g de ajonjolí 975 mg de calcio, por esto se recomienda consumirlo en la dieta diaria. Contiene hierro, que desempeña numerosas funciones en el organismo, recomendando consumir en periodos de debilidad o anemia. Contiene Zinc, mineral que participa en el metabolismo de hidratos de carbono, grasas y proteínas (véase, anexo I: bromatológico de materias primas, p 61).

Contiene compuestos antioxidantes naturales (sesamina y sesamolina) que protegen al organismo de la formación de radicales libres, que en mayor parte son los responsables del proceso de envejecimiento de las células (Pineda, 1991, p 78).

Capacidad para reducir el colesterol en la sangre, gracias a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados. Contiene 2 sustancias llamadas lignanos (Sesamolina y Sesamin) especiales para regular el colesterol, ayuda en la prevención de la hipertensión y la humectación de la piel. Su consumo previene infarto de miocardio y trombosis arterial.

Tabla No. 5: contenido de nutrientes en el ajonjolí en 100gr

Nutriente	Ajonjolí
Azúcares Simples	0 g
Fibra	12 g
Proteína	18 g
Fitosteroles	714 mg
Calcio	945 mg
Fósforo	629 mg
Potasio	468 mg
Magnesio	361 mg
Hierro	15 mg
Sodio	11 mg
Zinc	8 mg
Cobre	4 mg
Selenio	3 mg

Fuente: Huss, 1988, p 76.

c. Harina de naranja

Está elaborada de cáscara (Moreno Alvarez, Hernández, Rovero, Tablante, & Rangel, 2000) y residuos de naranja sin jugo, (Evaluación, 2010). Es deshidratada y molida. (Véase, anexo I: bromatológico de materias primas, p 60), esta es rica en carbohidratos, minerales y vitaminas (Gamboa V. F., 2015), (Genómica y Inmunología, 1998).

d. Harina de zanahoria

La zanahoria contiene vitaminas, carbohidratos y minerales importantes en la alimentación de peces, (véase, anexo I: bromatológico

de materias primas, p 60). Los betacarotenos, calcio y fósforo de la zanahoria (Evaluación, 2010) contribuyen con minerales esenciales para funciones de desarrollo de los peces. (Gamboa V. , 2014)

e. Otros vegetales

En particular se utiliza soya, derivados de trigo, levadura de cerveza, residuos de industria de aceites y de azúcar, etc. Cada uno puede proveer una característica específica, especialmente carbohidratos, grasas, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, y depende de los requerimientos de la fórmula para su uso. (Núñez Cárdenas, 2012)

B. Materias primas de origen animal

Los alimentos de este grupo son muy ricos en proteínas de alto valor biológico, ya que contienen todos los aminoácidos esenciales y en proporciones adecuadas.

Su uso en la alimentación animal tiene como fin complementar otras fuentes de proteínas, como las procedentes de las harinas oleaginosas, aumentar el valor biológico de estas fuentes.

Su participación en las raciones debe ser controlada debido a su alto costo, empleándose con más frecuencia en raciones para cerdos y aves.

a. Gallinaza

La gallinaza es una mezcla de los excrementos de las gallinas con los materiales que se usan para cama en los gallineros, los cuales son ricos en nitrógeno y muchos otros nutrientes. Al excremento de la gallina se le aplica un tratamiento para enriquecerla y limpiarla para poder usarla como complemento alimenticio para ganados ovino, vacuno, porcino, o bien como composta natural en cultivos.

La gallinaza está conformada por excretas de aves ponedoras, en etapas de producción, solas o mezcladas con otros materiales.

Hay diferentes tipos de excretas de aves, la cama de pollos es un material proveniente de la cría de aves en piso e incluye el material utilizado

como cama, excretas de aves y residuos de alimento y plumas, mientras que la gallinaza es el material proveniente de la cría de aves en jaulas y está constituida por excretas de aves y residuos de alimento y plumas.

La gallinaza es un producto de desecho proveniente de las heces fecales de aves de cría, levante, reproducción, postura y broilers, mezcladas con los materiales que conforman la cama, tales como viruta, tamo, cascarilla, etc., siendo la de mayor pureza la que proviene de ponedoras en jaula, por ser removida frecuentemente.

a.1. Composición química de la gallinaza

Las excretas de aves se caracterizan por su alto contenido de proteína cruda, la cual puede fluctuar entre 22,1 y 25,9% para la cama de pollos y gallinaza respectivamente, sin embargo este nivel puede ser tan bajo como 13,1%, causado por una alta proporción de material usado como cama, y/o también, por una alta contaminación con tierra al momento de retirarla del galpón de aves (ACPA, 1997, p 75)

Tabla No. 6: resumen de la composición química y nutricional de las excretas de aves

Fracción	Cama de pollo	Gallinaza
MS, %	Promedio	Promedio
PC, %	76.6	59.1
EE, %	22.1	25.9
FC, %	2.2	4.3
Cenizas, %	17.9	14.9
Ca, %	15.4	32.4
P, %	3.51	10.41
ED ¹ , Kcal/Kg	1.1	2.57
¹ Energía digestible	2180	1750

Fuente: Ríos de Álvarez et al. (2005)

Generalmente el contenido de lípidos es bajo, mientras que el de fibra es elevado y oscila, resultando en bajos niveles de energía disponible, la cual de acuerdo a distintos autores es una de las limitantes de las excretas de aves como recurso (Núñez Cárdenas, 2012). Las excretas de aves contienen niveles altos de algunas fracciones de interés nutricional, especialmente nitrógeno, calcio y fósforo.

a.2. Comparación de la gallinaza con otras fuentes proteicas

El contenido de proteína cruda de un ingrediente se determina usualmente por medio del método Kjeldahl (Determinación, 2011) en el cual se mide el contenido de nitrógeno total en la muestra, convirtiendo luego este resultado a un total de proteína cruda, mediante una multiplicación por factor empírico 6.25 (este factor de conversión se basa en la suposición de que la proteína promedio, contiene alrededor del 16% de nitrógeno por unidad de peso, aun cuando en la práctica es posible una variación entre 12 y 19% de nitrógeno entre proteínas individuales), (véase, anexo I: bromatológico de materias primas, p 61).

Tabla No. 7: comparación de la gallinaza con otras fuentes de proteína

	Gallinaza deshidratada	Harina de pescado	Harina de soya	Harina de algodón
Materia seca %	92.30	81.00	89.90	89.90
Proteína %	25.25	66.00	41.00	50.0
Energía Kcal/kg	13.50	28.80	22.40	21.56
Fibra %	12.60	1.00	7.00	12.70
Calcio %	6.90	4.00	0.25	0.17
Fosforo %	2.90	2.85	0.60	1.00
Lisina %	0.49	4.90	2.90	1.37
Metionina %	0.16	1.90	0.65	1.48

Fuente: Valarezo, citado por Yacelga y Heredia (1998:45)

a.3. Ventajas del uso de la gallinaza en alimentación animal

ACPA (1997) manifiesta que las principales ventajas que han influido para la utilización de la gallinaza, como componente en la alimentación animal, son las siguientes:

- a.** Es un subproducto barato ya que normalmente se elimina en las granjas avícolas.
- b.** Los costos que se incluyen en esta tecnología son únicamente transporte y mano de obra para el cargue y descargue.
- c.** Es una fuente alimenticia energética-proteica, de bajo costo.
- d.** Es una buena fuente de minerales (calcio y fósforo).
- e.** Tiene un efecto positivo sobre el consumo de materia seca.
- f.** Además, el utilizarla para la alimentación animal, reduce los riesgos de contaminación ambiental, ya que de otra manera es eliminada como deshecho en grandes cantidades en los predios baldíos.

a.4. Limitaciones en el uso de la gallinaza para alimentación animal

Es importante tomar en cuenta que si existieran dudas sobre la inocuidad de la gallinaza, debe recurrirse a los recursos de deshidratación con calor artificial, el amontonamiento, el peletizado, el tratamiento químico y el ensilaje como métodos para eliminar las bacterias patógenas.

a.5. Contenido de minerales

El contenido de cenizas de la cama de pollos y la gallinaza en general constituye un indicador de calidad de estos materiales, valores entre 15 y 25 % son aceptables, mientras que valores mayores de 28 % pueden estar indicando contaminación con tierra, por lo que no es recomendable que sea suministrado como alimento para los animales.

Estos altos contenidos de cenizas deprimen el consumo y además afectan la producción de los animales. Eventualmente pueden ocurrir algunos desbalances en los elementos aportados por la cama de pollos.

Un factor de importancia a considerar en el contenido mineral presente en las excretas, es que en algunos casos puede afectar de forma negativa la respuesta animal por acción sinérgica o antagónica de algunos elementos, tal es el caso del cobre (Cu), que en altas cantidades puede ser tóxico para los animales y llegar a ocasionar la muerte (Ureña, 2016).

a.6. Nivel de humedad

El nivel de humedad debería estar entre el 12 y 25% para facilitar el manejo y procesamiento de este material, niveles inferiores generarán mucho polvo al ser suministrada a los animales, lo cual a su vez reduce el consumo. Si la humedad es mayor de 25%, se dificulta el mezclado con otras materias primas (Núñez Cárdenas, 2012).

a.7. Emisión de olores

Los olores generados en los sistemas de producción de aves pueden provenir de las aves directamente, pero en su mayoría incluyendo el amonio, son subproductos naturales de la degradación microbiana del ácido úrico y de las heces. La gallinaza tratada y procesada no posee olor, estos se han eliminado después del tratamiento térmico que se somete en el proceso.

La conversión del nitrógeno de las heces en amonio varía en función de la temperatura, humedad y pH de las excretas y tasa de ventilación. Se ha demostrado que los olores aumentan con el contenido de humedad, de este modo, a mayor humedad de las excretas, se incrementa la liberación de amonio y por ende mayor generación de olores.

Las excretas con bajo nivel de humedad ocasionan mayor producción de polvo, que viene a ser un elemento contaminante que puede transportar olores a la atmósfera. La humedad óptima de las excretas que minimiza la emisión de olores y la producción de polvo está en el rango de 25 a 35 % (Núñez Cárdenas, 2012).

a.8. Manejo de la gallinaza

Antes de utilizar la gallinaza en alimentación animal, es necesario someterla a un procesamiento previo, que puede ser importante para la eliminación de cuerpos extraños, la destrucción de patógenos, el mejoramiento del almacenamiento, las características de manejo y mantenimiento, así como para incrementar la palatabilidad y reducir los olores (Núñez Cárdenas, 2012).

El mejoramiento nutricional de las excretas de aves se puede lograr mediante tratamientos físicos, químicos o biológicos. Los procedimientos mayormente aplicados, tienen como finalidad recuperar los nutrientes más útiles, con la menor inversión de tiempo, energía y capital, describiéndolos de forma detallada a continuación:

a.9. Uso de gallinaza en alimentación de tilapias

El excremento de las aves de corral se utiliza como abono o como suplemento en la alimentación de otros animales. El de las gallinas se conoce como gallinaza y el del pollo de engorde como pollinaza, este excremento se puede utilizar y dejar buenas regalías (Núñez Cárdenas, 2012).

La gallinaza es rica en proteína pero pobre en energía y vitaminas A y D; por eso se recomienda que dicho producto sea mezclado con ingredientes de alto valor energético antes de ser usado en la alimentación animal.

La calidad nutricional de la gallinaza se debe a que los nutrientes pasan sin ser asimilados por el sistema digestivo de las aves, por lo que podrían ser de valor alimenticio si este subproducto es reciclado a las mismas aves, o utilizado en otras especies animales.

Los peces, los animales terrestres y las plantas viven y crecen de modo diferente, y cada uno de ellos produce toda una serie de elementos que pueden ser útiles para la vida y el crecimiento de los demás (ACPA, 1997, p 50).

Las tilapias pueden considerarse como importantes transformadores de desechos y subproductos, capaces de comer cualquier tipo de alimento que encuentran tanto de origen vegetal o animal, por lo que su alimentación puede estar constituida, entre otros, por desechos de animales (Evaluación, 2010).

En regiones donde existe producción avícola, el uso de las excretas de (Ureña, 2016) aves, mediante su incorporación en la alimentación de otros animales se presenta como una buena alternativa, tanto por su disponibilidad a lo largo de todo el año, así como por sus bajos costos.

b. Otras materias primas de origen animal

Para obtener los requerimientos nutricionales deseados en el concentrado de engorde para tilapia, pueden considerarse también: sangre vacuna, harina de pescado (en los peces no se presenta enfermedades transmitida por alimentación de otros animales), (Genómica y Inmunología, 1998), etc. con el propósito de obtener los valores de proteína, carbohidratos, grasas, fibra y energía deseados.

5.3. Tilapia

Nombre común Tilapia gris, Nombre científico *Oreochromis niloticus* La acuicultura se presenta como una nueva alternativa de producción en el sector agropecuario, con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas.

El buen manejo, alimentación adecuada, estricta sanidad controlada, animales de alta calidad y un canal adecuado de comercialización, son los pilares sobre los cuales descansa el éxito de la actividad piscícola (Núñez Cárdenas, 2012)

5.3.1. Generalidades

Originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento.

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 y es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente (Finelli, 2009)

Las tilapias son peces robustos con pocas exigencias respiratorias, que soportan muy bien el calor. Son fáciles de transportar, lo que, unido a las facilidades de su reproducción, explica el éxito de su gran dispersión.

Son peces de agua caliente. Su óptimo desarrollo se sitúa en temperaturas superiores a los 20° C, llegando hasta los 30° C, e incluso más. La temperatura crítica inferior esta alrededor de los 12° C o 13° C.”

Es necesario tomar muy en cuenta, para el manejo del cultivo que: “poseen reproducción bisexual, alcanzan su madurez sexual a partir de los 2 a 3 meses de edad a una longitud de 8 a 16 cm.”

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez dulce acuícola que se desarrolla en las zonas tropicales. Es muy resistente, presenta una capacidad de crecimiento muy grande y comienza a reproducirse entre los 3 y 6 meses de edad, con una frecuencia entre 3 y 8 veces al año. Esta velocidad de reproducción garantiza una explotación importante en la acuicultura (Huss, 1988, p 45).

5.3.2. Características de la tilapia

La tilapia presenta un cuerpo ovalado y comprimido, con la cabeza grande la cual representa el 21,1 % del largo total y su altura es prácticamente igual al largo, con boca pequeña de 4 a 5 hileras de dientes muy apretados. El cuerpo está recubierto de escamas medianas, las cuales se desprenden con facilidad.

La aleta dorsal es larga, que parte desde la zona superior de la cabeza hasta la cola y presenta espinas puntiagudas; además tiene dos aletas pectorales, dos ventrales unidas la cuales se sitúan a 1/3 del largo total de la aleta caudal escotada. La coloración general del cuerpo es gris oscuro, especialmente en el hocico y presenta tintes verdosos en las partes laterales de la cabeza alrededor del hocico (Alvarado, 1991).

5.3.3. La tilapia, calidad como alimento.

El déficit de proteína constituye uno de los problemas más actuales que tiene que enfrentar hoy en día la humanidad. Desarrollar y consumir alimentos con un alto contenido de proteínas y que a su vez presenten un alto valor biológico es una tarea que enfrentan hoy todos los profesionales dedicados a la nutrición humana, siendo el pescado una de las fuentes más ricas en nutrientes que brinda la naturaleza.

Al inicio del cultivo de esta especie en Cuba comenzaron a realizarse por parte del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), una serie de estudios encaminados a la caracterización de esta especie como alimento (Díaz y col., 1980); así como su mejor forma de aprovechamiento industrial, mostrándose a continuación en la tabla datos experimentales obtenidos con la especie.

Tabla No. 8: composición química promedio de la tilapia

Proteína (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	H. (%)	Carbono Colesterol (mg/100g)	Valores Energéticos (Cal/100g)
18.5	1.6	1.18	77.5	0.21	51.53	87.5

Fuente: (Evaluación, 2010)

La tilapia presenta un alto contenido de proteínas y un bajo contenido de grasa, por lo que en un inicio su carne fue clasificada por Stansby como del Tipo

A (contenido graso < 5% y proteico entre 15 y 20 %). Presenta además un bajo contenido de colesterol, ideal para dietas de enfermos cardiovasculares. Su rendimiento en masa es de 33.4 %, la cual es blanca nacarada, de textura firme y con agradable sabor, de ahí la importancia del óptimo aprovechamiento de este pescado para la alimentación de la población.

Estudios realizados con la tilapia han revelado que la proteína de este pescado cultivado presenta una alta digestibilidad (99.6 %) y todos los aminoácidos esenciales necesarios para el mantenimiento de la salud, exhibiendo un elevado contenido de lisina, histidina y aminoácidos azufrados, lo que permite una comparación favorable con los patrones internacionales establecidos para niños y adultos.

5.3.4. Clasificación taxonómica

Las características particulares de esta especie han contribuido a que se generen desacuerdos al momento de clasificarla taxonómicamente, es así que:

Ureña, (2016), describió cuando menos 77 especies (además de varias subespecies) de Tilapia, mientras que Jhingran y Gopalakrishnan enumeran 22 especies que se han utilizado en piscicultura experimental o a escala industrial. Existe considerable confusión sobre la situación taxonómica de muchas de ellas.

Así, las especies que desovan en un sustrato, las cuales construyen nidos sobre el fondo de los cuerpos de agua y ovopositan en ellos, retienen el nombre genérico Tilapia, mientras que las especies que incuban los huevecillos fecundados en la boca de la madre o del padre se agrupan en un nuevo género, Sarotherodon (que significa ‘con dientes de cepillo’)

5.3.5. Alimentación

El éxito de toda actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente en la calidad y cantidad del alimento suministrado. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Los juveniles se alimentan de fitoplancton y de zooplancton, como de pequeños crustáceos, indica que las formas de alimentación dependen directamente del manejo, el tipo de explotación, la edad y los hábitos de la especie, destacándose las siguientes (Pérez, 2015):

Alimentación en un solo sitio

Es una de las formas menos convenientes de alimentar debido a la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma la mayoría del lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido por los más grandes y se incremente el porcentaje de pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio es altamente eficiente en sistemas intensivos de 300 a 500 m², para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.

Alimentación en L

En este sistema se suministra el alimento en dos orillas continuas del estanque, es sugerido para animales de 50 a 100 gramos. Lo recomendable es alimentar en la orilla de salida (desagüe) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.

Alimentación periférica

Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 100 gramos, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque.

Alimentadores automáticos

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario, con bandejas, etc.

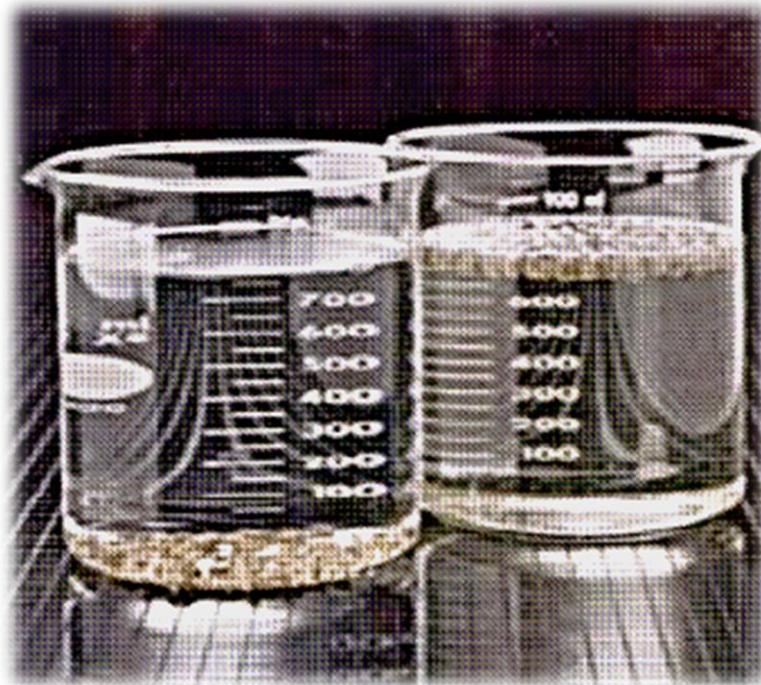
Horas de alimentación

Los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos. En cultivos extensivos a semi intensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo consumo supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento (*Moreno Alvarez, Hernández, Rovero, Tablante, & Rangel, 2000*)

Flotabilidad del alimento

La cantidad de alimento suministrado a los peces corresponde al porcentaje de la biomasa aproximada en el estanque, la cual normalmente se calcula multiplicando el número de individuos encontrados en cada desdoble por el peso promedio de una muestra evaluada para tal fin.

Figura No. 4: flotabilidad ideal para concentrados de tilapia.



Fuente: (Vargas, 2003)

El porcentaje proviene de tablas generadas en diversos estudios y varía según la fase productiva en correspondencia con los requerimientos, a fin de suministrar los nutrientes necesarios que maximicen el uso de los alimentos y hagan más productiva la explotación. Refinar esta metodología entre cada desdoble es sencillo, siempre y cuando se invierta en la utilización de alimento flotante (pellets extruídos) y una práctica alimentaria que permita determinar si el alimento fue consumido total o parcialmente en cada estanque en un lapso que debería ser al menos de diez minutos (Vargas, 2003).

Tabla No.9: tamaño de pellet recomendado de acuerdo al estadio de crecimiento

Estadio	Tamaño del pellet (mm)
Alevines	Polvo
De 0.5 a 5.0 g	Quebrantado 0.5 a 1.0 mm
De 5.0 a 15.0 g	1 x 1
De 15.0 a 30.0 g	1.5 x 1.5
De 30.0 a 80.0 g	2 x 2
De 80.0 a 200.0 g	3 x 3
De 200.0 a 500.0 g	4 x 4
De 500.0 a mas	5 x 5

Fuente: (Núñez Cárdenas, 2012).

5.3.6. Necesidades nutricionales de la tilapia

Proteínas

Los niveles de proteína en el alimento depende de varios factores: del peso del pez, del tipo de cultivo (intensivo o semi intensivo), función fisiológica (reproducción o engorde), presentación del alimento (peletizado o extruido), producción primaria del ecosistema y el factor económico. (Huss, 1988). Según estudios, los niveles de proteína cruda más satisfactorias se dan

en los niveles de 30 a 40% (Científicos, 2018)

Tabla No. 10: requerimientos de proteína para tilapia según su peso

Rango de peso (gramos)	Nivel óptimo de proteína (%)
Larva a 0,5	40-45
0,5 a 10	40-35
10 a 30	30-35
30 a 250	30-35
250 a talla comercial	25-30

Fuente: (Pérez, 2015).

Tabla No. 11: coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína de distintas materias primas animales y vegetales

Materias Primas	Coefficiente digestibilidad aparente %
Harina de Pescado	87
Harina de sangre	75
Subproductos avícolas	74
Gluten de maíz	83
Harina de soya	91

Fuente: (Ureña, 2016)

Grasas

Los lípidos en el alimento para tilapia tienen dos funciones principales:

- a.** Como fuente de energía metabólica
- b.** Como fuente de ácidos grasos esenciales.

Los lípidos constituyen el mayor recurso energético (hasta 2,25 veces más que la proteína), y está muy ligado al nivel de proteína en la dieta. Así para niveles de 40 % de proteína se recomienda niveles de grasa de 6 a 8 %. Con 35 % de proteína el nivel de grasa es de 4,5 a 6 % y con niveles de 25 a 30 % de

proteína se recomienda de 3 a 3,5 % de grasa.

Carbohidratos

Son la fuente más barata de energía en la dieta, además de contribuir en la conformación física del pellet y su estabilidad en el agua. Los niveles de carbohidratos en la dieta de tilapia deben de estar alrededor del 40 % (Estadísticas, 2017).

Vitaminas

La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto deben ser suplidas en una dieta balanceada. Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas.

Tabla No. 12: requerimientos nutricionales de vitaminas en la dieta para la tilapia

Vitamina	Nivel en la dieta mg/kg
Tiamina	0.1
Riboflavina	3.5
Piredoxina	0.5
Ácido pantoténico	4
Niacina	8
Biotina	0.5
Ácido fólico	0.5
Cianocobalamina	0.01
Inositol	300
Colina	400
Ácido ascórbico	50
Retinol	500
Vitamina D	200
Vitamina E	10
Vitamina K	0.5

Fuente: (Estadísticas, 2017)

Minerales

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales). También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. Los requerimientos en minerales son:

Tabla No. 13: requerimientos de minerales en la dieta para tilapia

Mineral	Requerimiento en la dieta
Calcio	0
Fosforo	5-10 g/kg
Magnesio	0.54-0.7 g/kg
Potasio	2.0 mg/kg
Hierro	30 mg/kg
Manganeso	2.4 g/kg
Cobre	5.0 mg/kg
Selenio	0.1 mg/kg
Cromo	1.0 mg/kg

Fuente: (Estadísticas, 2017)

Los requerimientos para tilapia de engorde se resumen en el cuadro No. 2, considerando las recomendaciones técnicas en la nutrición (Said, 2013).

Cuadro No. 2: resumen requerimientos nutricionales para engorde de tilapia

Componente	%, óptimo
Proteínas- aminoácidos (Gatlin, 2013)	30
Carbohidratos	40
Grasa	3.5
Energía	2700 kcal/kg
Fibra	2.75

Fuente: elaboración propia, 2017

5.3.7. Aprovechamiento del alimento

Rendimiento productivo: el concepto de rendimiento se entiende como el peso en kg por unidad de superficie o volumen obtenido a la cosecha. La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. (Ramos, 2006)

Factor de conversión alimenticia: El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. (Saavedra, 2003.)

Para conocer los kilos de pez ganados hay que determinar la biomasa actual y restar la biomasa al inicio del periodo, y para obtener los kilos ofertados solo se suman los kilos de alimento dado desde el principio del periodo hasta el momento actual. Esta operación genera un número que representa cuantos kilos de alimento se usaron para obtener un kilo de pez.

Un promedio de F.C.A. aceptable en el cultivo de peces tropicales como es el caso de la tilapia, oscila entre 1.3 a 1.5: 1, teniendo en cuenta que mientras menor sea este, la rentabilidad del cultivo será mayor. También cuando se compara la eficiencia de conversión del alimento en carne, la tilapia tiene mucha ventaja en comparación a otros animales (Raboresearch, 2018)

El buen aprovechamiento del alimento dentro de una estación piscícola depende de varios aspectos:

- a. Líneas parentales utilizadas. Buena calidad de semilla.
- b. Calidad del agua. La apetencia del pez es directamente proporcional a la calidad del agua.
- c. Palatabilidad del alimento. Aceptación del alimento por parte del pez.
- d. Presentación del alimento. Peletizado o extruido, alimento flotante o de hundimiento lento.

- e. Técnica de alimentación. Manejo y forma de alimentar.
- f. Control de la temperatura. Manejo de la temperatura dentro del cuerpo de agua.

5.4. Extrusado

La mezcla de harina se pasó por un extrusor, el cual estaba a una temperatura de 120-140°C, en la cual se esterilizó el alimento. La densidad final de la fórmula fue de 320 - 400 gr/lt, para una buena flotabilidad (Vargas, 2003, p 4).

A diferencia de la peletización, el proceso de extrusión incluye un proceso de cocción a alta temperatura y presión, en corto tiempo (5-10 segundos) producido por la disipación de la energía mecánica la cual es transferida a la mezcla por medio de los elementos (sinfín o gusanos, las paredes del barril) del extrusor.

Durante el proceso la mezcla que se alimentó al extrusor fue en forma de harina; a medida que se sometió a alta presión y temperatura, y a las fuerzas de corte de los elementos actúan, esta cambió hasta formar una masa visco-elástica con características similares a un plástico derretido (fluido no Newtoniano en este caso) (Perry, 1992). Por eso también se le conoce como un proceso de cocción termoplástico.

Este proceso de cocción a altas temperaturas y corto tiempo (HTST) tiene las siguientes ventajas: 1) mejora la digestibilidad, en particular la de los cereales (dextrinización) ya que se rompe la estructura molecular de la amilosa y amilopectina liberando cadenas más cortas de glucosa que a su vez pueden ser digeridas mejor con mayor facilidad (mas substrato por superficie de área) en el tracto digestivo, 2) inactivación de factores antinutritivos (i.e. inhibidor de tripsina en la soya cruda), 3) incrementa la resistencia de los alimentos a su degradación en el agua (hidroestabilidad).

En referencia a este último punto, no se debe pensar que al lograr una mayor gelatinización se va a obtener una mejor hidroestabilidad. La realidad es que a medida que se dextrinizan mas los almidones es menor la hidroestabilidad. Esto se debe principalmente a que se pierde la cohesión que existe entre los gránulos de almidón y además, el pellet que es producido por este método es más soluble en el agua por ser más poroso (Vargas, 2003).

Este alto grado de porosidad, es una ventaja para los alimentos flotantes, pero para los sumergibles requiere que la mezcla extrusada se recomprima para formar un pellet denso. Para evitar la dextrinización excesiva se debe configurar los elementos del extrusor de manera que impartan menos fuerza de corte, es decir generen menos cocción y disminuyan su tiempo de residencia en el extrusor. Esto se logra utilizando elementos de transporte hacia delante, sin arandelas de presión o áreas en donde se restrinja el flujo de la masa termoplástica (Vargas, 2003).

6. OBJETIVOS

6.1. General

Comparar la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

6.2. Específicos

- 6.2.1. Establecer los parámetros de calidad de las materias primas agropecuarias a utilizar en el alimento balanceado.
- 6.2.2. Establecer la formulación del alimento balanceado de engorde para tilapia que cumplan con los requerimientos nutricionales requeridos para el engorde de tilapia.
- 6.2.3. Comparar la flotabilidad de la nueva fórmula de alimento balanceado para engorde de tilapia *versus* un concentrado comercial, en agua de piscinas de engorde de tilapia por diez minutos.
- 6.2.4. Realizar el análisis químico proximal básico en la formulación de alimento balanceado para engorde de tilapia por medio de laboratorio certificado.

7. HIPÓTESIS

No existe diferencia estadística significativa en la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

8. RECURSOS

La investigación se desarrolló en la Planta Piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos en el Centro Universitario del Sur Occidente, CUNSUROC, en la empresa Insepral y en el laboratorio Inlasa; en donde se utilizó materias primas agropecuarias locales.

8.1. Recursos

8.1.1. Humanos

- T.U. Víctor Edy Gamboa López.
- MSc Víctor Manuel Nájera Toledo -CUNSUROC- (Asesor Principal)
- Ing. Marvin Manolo Sánchez López (Asesor Adjunto)
- Evaluadores del trabajo
- Personal de apoyo, laboratoristas, técnicos, etc.

8.1.2. Institucionales

- Centro Universitario del Sur Occidente, CUNSUROC, Mazatenango Suchitepéquez
- Biblioteca del Centro Universitario del Sur Occidente.
- Planta Piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Sur Occidente, CUNSUROC, USAC.
- Insepral, S. A.
- Laboratorios de Bromatología.

8.1.3. Materiales y equipo

- Molino de martillos
- Mezclador
- Extrusor Insta Pro 600 JR
- Cutter Insta Pro
- Extrusor Insepral 17-EG
- Balanza
- Probeta 1000 ml
- Beakers 1000 ml
- Bolsas de polipropileno y bolsas de papel kraft

- Cubetas, sacos, paletas de madera, etc.
- Pinzas pequeñas
- Maíz amarillo
- Gallinaza procesada y desinfectada
- Harina de zanahoria
- Harina de naranja
- Grasa vegetal y animal
- Gluten
- Ajonjolí
- Agua
- Minerales y vitaminas

8.1.4. Instrumentos

- Tabla dinámica, Insta-Pro
- Tabla de recopilación de datos
- Tablas de recopilación de densidad

9. DISEÑO ESTADÍSTICO

9.1. Métodos para detectar diferencias

Para evaluar estadísticamente el presente estudio, se utilizó un método de análisis t de Student con el objeto de identificar si existió diferencia significativa entre las fórmulas de alimentos balanceado (Bonilla, 1997).

Para determinar si existió diferencia estadística significativa entre las formulaciones de alimento balanceado, se utilizó un diseño experimental simple, donde la distribución de tratamientos se hizo en un grupo pareado, el número de tratamientos (concentrado comercial y fórmula desarrollada) fue de dos, la metodología estadística es la prueba de t de student en todos los grupos con quince repeticiones cada uno.

La t de student se utilizó para contrastar la hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporcionó resultados aproximados para los contrastes de medidas en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente. Cuando el tamaño de la muestra es menor de 30 ($n < 30$), o sea, para muestreo pequeño, la sustitución de σ por S no es apropiada, en consecuencia, se hace necesario considerar una forma alternativa para estimar la media poblacional, partiendo de una muestra pequeña (Bonilla, 1997, pág. 129).

Primero se calculó la media aritmética para el porcentaje de flotabilidad de la formulación de alimento balanceado, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

La desviación estándar del alimento balanceado, se calculó con la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

El error estándar de la media aritmética del alimento balanceado, se calculó con la siguiente fórmula:

$$G \bar{X} = \frac{SX}{\sqrt{n-1}}$$

El error estándar de la diferencia se calculó con la siguiente fórmula:

$$G \text{ dif} = \sqrt{(G\bar{A})^2 + (G\bar{B})^2}$$

Para encontrar el valor de t calculada (tc) se utilizó la siguiente fórmula:

$$tc = \frac{\bar{A} - \bar{B}}{G \text{ dif}}$$

Y por último se encontró el valor de t tabulada (tt), se necesitó consecuentemente buscar los grados de libertad (GL) para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$GL = n-1$$

Criterio de conclusión:

Si t calculada (tc) es mayor que t tabulada (tt) existe diferencia estadística significativa entre los datos obtenidos en la evaluación de la flotabilidad de la fórmula de alimento balanceado elaborado.

Para la fórmula se encontró su t calculada (tc) y su t tabulada (tt), y se realizó el análisis de t de student (Véase Anexo IV, Tabla Valores t de student en página 64).

10. MARCO OPERATIVO

El procedimiento se desarrolló por medio de varias etapas (véase Apéndice III, elaboración de alimento balanceado, p 68), se obtuvo una fórmula adecuada para el engorde de tilapia gris, y cumple con la característica de flotabilidad.

10.1. Control de calidad

Se realizó con el fin de disponer de materias primas de buena calidad. Se consideraron características (Tawfik L, 1992) como: análisis bromatológico (proteína, carbohidratos, humedad, grasa, minerales y energía) y el tamaño de partícula. Véase Apéndice I, pág. 66.

Se realizaron las siguientes actividades para cumplir este objetivo:

- a. Se clasificó las materias primas por medio de las Tablas de composición de alimentos de Centroamérica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP; para determinar valores aproximados de proteínas, carbohidratos, humedad, grasas, minerales y energía, (INCAP, 2007).
- b. Se estableció características físicas a cada una de las materias primas que se utilizaron en la fórmula.

Maíz amarillo

Evaluación organoléptica: olor, sabor, color, característicos del maíz amarillo. Sin polvo, de seis a diez mm de diámetro y un 99% de pureza. Se tomó una muestra de 100 gr, se evaluó el tamaño con un micrómetro y la pureza se determinó, pesando las impurezas luego se aplicó (Juran, 1995) esta fórmula, % pureza= ((gr maíz amarillo- gr de impurezas)/gr total)*100.

Gallinaza

Se utilizó gallinaza procesada, con certificado de calidad (véase, Anexo I, Certificado de gallinaza procesada, pág. 61). Libre de contaminantes patógeno, de contaminantes físicos y de metales pesados.

Ajonjolí

Se utilizó los subproductos del proceso de beneficiado de semillas de ajonjolí. Evaluación organoléptica: olor, sabor, color, característicos del ajonjolí. Sin polvo, de dos a tres mm de diámetro y un 99% de pureza. Se tomó una muestra de 100 gr, se evaluó el tamaño con un micrómetro, y la pureza se determinó, se pesó las impurezas luego se aplica esta fórmula $\% \text{ pureza} = ((\text{gr ajonjolí} - \text{gr de impurezas}) / \text{gr total}) * 100$.

Zanahoria

Se utilizó zanahoria deshidratada, en forma de harina y con las características bromatológicas establecidas, (véase Anexo I, Bromatológico materias primas, p 60).

Naranja

Se utilizó harina de naranjas deshidratadas con las características bromatológicas establecidas (véase Anexo I, bromatológico materias primas, p 60).

Grasa

En el balance de la formulación se adicionó grasa de origen vegetal o animal, con una pureza del 99%. Se adicionó aceite de bacalao como un enmascarante y atrayente.

Agua

Se utilizó agua en la formulación, para fines de proceso, esta agua adicional sufrió una evaporación en el extrusor, el agua fue potable.

- c. Se redujo el tamaño cada una de las materias primas clasificadas. Se utilizó un molino de martillos, con malla de un milímetro para obtener una harina uniforme en tamaño.

- d. Se envió a un laboratorio para realizar un análisis bromatológico, para determinar cantidad aproximada de proteínas, carbohidratos, humedad, grasas, fibras, minerales y energía.
- e. Cada una de las materias primas procesadas se empacó en bolsas de nylon para conservar sus características nutricionales y físicas.
- f. Se utilizó para el alimento balanceado, la fórmula que se desarrolló en esta investigación.

10.2. Formulación

Se estableció la fórmula (véase, Apéndice II, pág. 67) que proporcionó los componentes adecuados para el engorde de tilapia; se procedió de la siguiente manera:

- a. Se clasificó las materias primas para la formulación, se usaron los requerimientos establecidos en la literatura. Como se define en el cuadro No. 3, estos parámetros se utilizaron para realizar el balance de masa.

Cuadro No. 3: fórmula base de concentrado para engorde de tilapia

Componente	%
Proteínas- aminoácidos (Gatlin, 2013)	30
Carbohidratos	40
Grasa	3.5
Energía	2700 kcal/kg
Fibra	2.75

Fuente: elaboración propia, 2017

- b. Se realizó un balance de la fórmula tomando en cuenta la calidad nutricional de las materias primas para la elaboración del alimento balanceado, (véase Anexo II, Tabla dinámica de formulación para alimentos balanceados, Insta-Pro International, Karl Arnold, septiembre 2013, p 62). Se utilizó como parámetros de los componentes nutricionales lo establecido en el cuadro No. 3.
- c. En la tabla dinámica de formulaciones, se colocaron los valores nutricionales de cada una de las materias primas, obteniendo los datos de los certificados de laboratorios, considerando proteínas, carbohidratos, grasas, fibra, energía.

- d. Los volúmenes (% , kg) de cada materia prima se ajustaron hasta obtener los valores requeridos en el cuadro No. 3, véase la pág. No. 43.
- e. Al obtener los valores nutricionales requeridos en cuadro No. 3, se realizaron pruebas pilotos para encontrar características deseadas.
- f. La fórmula que se procesó en el extrusor, es la obtenida en las pruebas pilotos.

5.5. Procesamiento de pellets

Se desarrolló este proceso por medio de las siguientes etapas, con las cuales se produjo los pellets del concentrado, véase Apéndice III, pág. 68.

10.3.1. Molienda

La molienda se realizó en un molino de martillos, en donde se pulverizaron todas las materias primas y se obtuvo un polvo fino, el cual se utilizó para el alimento balanceado. Se utilizó una malla de un milímetro para obtener tamaño de partícula uniforme.

10.3.2. Mezclado

El polvo fino molido de las materias primas, se mezclaron de acuerdo a la etapa de formulación, obteniéndose de esta manera la Fórmula 1, F1.

10.3.3. Extrusado

La mezcla de harina se sometió al proceso de extrusión, el cual alcanzó temperaturas de 120 a 140°C, de manera que esterilizó el alimento. El alimento de engorde tiene un tamaño de tres por tres mm, ya que está enfocado para ser consumido en la etapa de engorde, en donde el peso del pez está comprendido entre treinta gramos a talla comercial (400 g).

A diferencia de la peletización, el proceso de extrusión incluyó un proceso de cocción a alta temperatura y presión, en corto tiempo (cinco-diez segundos) producido por la disipación de la energía mecánica la cual es transferida a la mezcla por medio de los elementos (sinfín o gusanos, las paredes del barril) del extrusor. Al terminar de salir los pellets se aplicó aceite de pescado por aspersión.

10.3.4. Enfriado

Luego de la etapa de extrusión, la temperatura se bajó a 35°C, esto se realizó por medio de ventilación forzada, con el objeto de hacerlo en el menor tiempo posible.

10.3.5. Tamizado

Para mejorar la uniformidad del producto se clasificó en una malla de 3 mm, con un movimiento oscilatorio para terminar de enfriar.

10.3.6. Empacado, pesado y sellado

El producto se protegió de la humedad y luz ambiental, se utilizó bolsas de polipropileno de cinco micras y bolsas de papel kraft de dos capas, debidamente identificadas.

10.4. Determinación de la flotabilidad

Se evaluó a través de quince muestras, y luego se realizó los análisis estadísticos para determinar los resultados, véase Apéndice IV, determinación de la flotabilidad, pág. 69.

- a. Considerando que la flotabilidad de los alimentos debe ser independiente de su origen y de las prácticas de producción, las muestras provienen de la fórmula y del concentrado comercial, se compararon en las mismas condiciones. Observación: el concentrado comercial tiene 28% de proteína cruda. Se designó CC para Concentrado Comercial.
- b. De F1 y el CC, se extrajeron quince repeticiones de cada una, de un litro, para determinar a partir de ellas la densidad (gr/ml). De las cuales se registraron los resultados. La densidad está dentro de un rango de 320 a 400 gramos por mililitro.
- c. Luego de estas muestras se sacó una submuestra de diez gránulos. Considerando que los gránulos van a tener una diferencia física, porque en el momento del corte existe una variabilidad de distancias en el corte del pellets, y por esa razón se tomaron diez y se calculó el porcentaje de los que flotan de cada submuestra.
- d. Se utilizó estas submuestras de diez gránulos, con esto se determinó la flotabilidad de los alimentos balanceados.

- e. Se colocaron 500 ml de agua (agua proveniente de estanques de engorde de tilapia) en un beaker de 1000 ml, y luego se colocó cada una de las muestras, por separado. En cada cambio de muestra se descartó el agua y para continuar se colocó nueva agua en el beaker. El agua que se utilizó fue de estanques de cultivo de tilapia, para obtener un resultado bajo las condiciones de campo.
- f. Se tomó lectura del número de gránulos que flotan en el agua después de diez minutos de haberlos agregado. La medición se tomó solo a los gránulos que estén en el espejo de agua.
- g. Se realizó el conteo de los pellets que aún estén flotando después de cumplirse los diez minutos, se aplicó la fórmula, % de Flotabilidad= (Gránulos flotan/Total gránulos)*100
- h. Se anotaron los datos para el análisis estadístico.
- i. Se realizó la evaluación estadística, por medio del método t de student.

10.5. Análisis bromatológico

La fórmula se envió al laboratorio Inlasa para un análisis proximal de alimentos, realizando análisis de humedad, proteínas, carbohidratos, grasas, fibra, minerales y energía.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1. Parámetros de calidad de las materias primas

Para establecer las materias primas que se utilizaron en la formulación del concentrado se obtuvo información de los análisis bromatológicos realizados a la materia prima, véase pág. No. 60, 61.

Cuadro No. 4: análisis proximal de materias primas

Materia prima	Agua	Kcal	CHO	Fibra	CHON	Grasa	Cenizas	Ca mg	P mg
Maíz Am	10.95	361	76.85	9.6	6.93	3.86	1.45	7	272
Ajonjolí	4.69	573	23.45	11.80	17.73	49.67	4.45	975	629
Naranja	11.18	274	76.16	18.00	11.20	1.48	10.69	0.29	0.12
Zanahoria	12.10	274	76.16	0.47	11.20	1.48	10.69	0.30	0.10
Gallinaza	18.00	175	0	14.90	25.90	4.30	32.40	10.41	2.57
Pescado	11.50	409	0.00	0.00	70.00	1.00	11.30	2.75	351

Fuente: elaboración propia, 2017

Los datos de la información de proteínas, carbohidratos, agua, fibra, cenizas, calcio y fósforo, fueron ingresados a la tabla dinámica de Excel para que se pueda visualizarse la cantidad adecuada de componentes en la formulación, evaluando diferentes volúmenes de masa y obtener el mejor balance (véase, anexo II: tabla dinámica de formulación para alimentos balanceados, p 62).

Los niveles y parámetros establecidos para engorde de tilapia se establecieron en la investigación, véase cuadro No. 3, pág. 43. Estos resultados se usaron para realizar proyecciones de fórmulas pilotos.

Las características físicas y organolépticas se detallan en el cuadro No. 5, se obtuvieron de las materias primas sin procesar. Se utilizó para recopilar la información boleta de evaluación sensorial, véase apéndice V, p 70.

Cuadro No. 5: características físicas y organolépticas de materias primas

Materia prima	Olor*	Color*	Ø mm	% pureza
Maíz Am	5.5	5.3	5.5	99.9
Ajonjolí	5.4	4	2.5	99.9
Naranja	6.0	4.5	1.0	99.9
Zanahoria	5.2	5.5	1.0	99.9
Gallinaza	4.0	4.3	1.0	99.1
Pescado	6.0	5.0	1.0	99.9

*0-6, (no Característico – Característico)

Fuente: elaboración propia, 2017

Cada una de las materia prima se estandarizó en tamaño, con un molino de martillos con una malla de un milímetro de diámetro. Se estableció el volumen a utilizar en la formulación por medio de un balance de masa elaborado con una tabla dinámica de Excel. Luego se incorporaron en la formulación de alimento balanceado.

11.2. Formulación del alimento balanceado

El balance de masa para el desarrollo de la fórmula se efectuó en una hoja electrónica de Microsoft Excel de (Gamboa López, 2013), después de obtener los resultados de análisis proximal de las materias primas establecidas. Se ingresaron los valores en las casillas correspondientes y se obtuvieron los parámetros que cumplen con lo establecido en la literatura y el concentrado comercial que se utilizó como comparador. En el cuadro No. 6 de la página 49, se muestran los balances de masas para cada uno de los parámetros establecidos para la formulación del alimento balanceado para engorde de tilapia.

Cuadro No. 6: balance de materias primas y formulación

Materia prima	Cantidad	%	Cálculo, kg
	kg		100
Maíz amarillo	25	25	25
Ajonjolí	5	5	5
Cáscara naranja	20	20	20
Zanahoria	2	2	2
Gallinaza	24	24	24
Agua, extraír	0	0	0
pescado	24	24	24
Total	100	100	100

Fuente: elaboración propia, 2017.

El porcentaje de incorporación de gallinaza es importante para la nutrición y por el bajo costo como materia prima. Esto ayuda directamente a los costos finales de los concentrados.

La cáscara de naranja, también proporciona carbohidratos, fibras, y minerales importantes en el la formulación final.

Cuadro No. 7: comparación de formulaciones

	Fórmula F1	Concentrado comercial CC
Energía, kcal	321	220
Humedad, %	12.62	7.66
Materia seca, %	87.50	92.34
Proteína total, %	28.03	28.00
Grasa total, %	5.08	4.50
Carbohidratos, %	37.02	40.00
Fibra cruda, %	11.11	5.00
Fosforo, mg	4.87	0.50
Calcio, mg	51.66	1.00

Fuente: elaboración propia, 2017.

En las columnas se detalló los valores teóricos de los balances y se comparó con los valores bromatológicos del concentrado comercial CC, la base fue el porcentaje de proteína. Esta es muy importante en el crecimiento y engorde de tilapias.

Los valores se aproximan a los valores del concentrado comercial y a los valores establecidos en el cuadro No. 3 que corresponde a la literatura para engorde de tilapia. Uno de los parámetros importantes es la proteína, para que la fórmula cumpla se tomó en cuenta el análisis proximal del concentrado comercial, CC con 28% de proteína.

11.3. Elaboración del alimento balanceado

La producción se realizó según el procedimiento del apéndice III, elaboración del alimento balanceado, véase p 68, en el cual se mezclaron los ingredientes según la fórmula desarrollada y balanceada en la tabla dinámica Excel, véase apéndice VI, p71. Estos ingredientes se sometieron al proceso de extrusión, para obtener los pellets que se evaluaron.

La molienda se desarrolló en un molino de martillos, con malla de un milímetro de diámetro. Se mezclaron los ingredientes y se les aplicó 15% de agua p/p. Se sometió la mezcla al extrusor y se obtuvo el pellets, que se sometió a enfriamiento con aire forzado. En el extrusor se llegó a una temperatura de 133°C por aproximadamente quince segundos de presión. La temperatura final del producto fue de 34°C.

Se tamizó para tener una muestra más uniforme y se empacó en bolsas de nylon, para evitar absorción de humedad y contaminación.

El alimento balanceado producido se realizó en un extrusor 17-EG, sometiendo las materias primas a presión y temperatura alta por corto tiempo, esto da características deseables en las materias primas, como la expansión del almidón y la esterilización del producto final.

11.4. Comparación de la flotabilidad de los pellets

La flotabilidad del concentrado comercial CC y de la fórmula desarrollada F1, se tomaron quince muestras de un litro cada una, se determinó la densidad aparente de cada muestra.

La densidad proporcionó información sobre la flotabilidad, ya que esta es indirectamente proporcional, cuando se tiene densidades de 320 – 400 g/lit o menores a la densidad del agua (1000 g/lit) se asegura que el pellets producido flotará en el espejo de agua.

Cuadro No. 8: densidad aparente de repeticiones CC y F1

No.	Concentrado comercial CC, gramos/litro	Fórmula desarrollada F1, gramos/litro
1	320	350
2	410	310
3	450	320
4	350	400
5	340	380
6	380	350
7	315	370
8	405	410
9	380	320
10	400	300
11	350	310
12	320	410
13	330	350
14	350	345
15	380	325
\bar{x}	365	350
s	38.1	35.7

Fuente: elaboración propia, 2017.

Los resultados de la densidad demuestran que la fórmula flotó adecuadamente en el espejo del agua de las piscinas de engorde de tilapia, la fórmula desarrollada tiene un promedio de 350 gramos/litro y el concentrado comercial tiene un promedio de 365 gramos/litro. Según (Vargas, 2003) la densidad debe ser de 320 a 400 gramos por litro. La fórmula tiene menor desviación (35.7) en comparación al concentrado comercial

(38.1). Se extrajeron submuestras de 10 gránulos de cada repetición de CC y F1, cada una se sometió al procedimiento para determinar la flotabilidad, los resultados se detallan en el cuadro No. 8.

Cuadro No. 9: porcentaje de flotabilidad de concentrado comercial CC y fórmula desarrollada F1 en diez minutos

No.	Concentrado Comercial, CC	Fórmula Desarrollada, F1
1	100	90
2	70	100
3	80	100
4	90	70
5	90	80
6	70	90
7	100	80
8	70	70
9	80	100
10	80	100
11	90	100
12	100	70
13	100	90
14	90	90
15	80	100
\bar{x}	86	88.7
tc= 0.648		$t_{0.005}=2.7633$
G_t=28		

Fuente: elaboración propia, 2017.

Siendo la flotabilidad una característica importante en la alimentación de tilapia, se obtuvieron promedios de 86% para el concentrado comercial CC y 88.7% para la fórmula desarrollada F1. Se planteó la hipótesis:

H_0 : $\mu =$ concentrado comercial, CC

H_1 : $\mu \neq$ concentrado comercial, CC

En el cuadro No. 9 de la página 53, el valor crítico de $t_{0.005}$ para grados de libertad ($15+15-2=28$) es 2.7633, como t_c es menor (0.648) en valor absoluto, se acepta la hipótesis nula H_0 . Por lo tanto se puede decir que es cierta la hipótesis de investigación porque no existe diferencia significativa entre el concentrado comercial CC y la fórmula desarrollada F1.

11.5. Análisis químico proximal de la formula desarrollada F1

Para el engorde y alimentación de tilapia, se requiere un nivel de proteína de 30 a 40% (Científicos, 2018), en las fórmulas de concentrados comerciales CC es común encontrar una de 28% de proteína. En la fórmula desarrollada F1 se obtuvo un 27.12% de proteína (véase, anexo III: bromatológico fórmula desarrollada F1, p 63). Con esto se determinó que si es posible elaborar alimentos para peces de materias primas disponibles en el mercado local. El calcio y fósforo si presentan valores altos (48.9 y 8.9 respectivamente) el concentrado comercial, CC, tiene 1 y 0.5% respectivamente, esto por efecto de la gallinaza agregada en la fórmula.

12. CONCLUSIONES

- 12.1. Se acepta la hipótesis, no existe diferencia estadística significativa entre la flotabilidad de la fórmula de alimento balanceado desarrollada F1 y el alimento balanceado comercial CC, para el engorde de tilapia gris (*oreochromis niloticus*), la t calculada es menor que la t tabulada.
- 12.2. Los resultados del análisis bromatológico de las materias primas proporcionaron información para realizar la formulación del alimento balanceado, considerando los factores nutricionales y aspectos organolépticos.
- 12.3. La formulación se estableció en base a la fórmula comercial CC de 28% de proteína, obteniendo una proteína de 27.12%, lo que cumplió con las características de proteína deseada en el alimento balanceado para engorde de tilapia.
- 12.4. En el extrusado se obtuvo un alimento balanceado con un tamaño de tres milímetros de diámetro. En este método se utilizó una temperatura de 133°C, con esto se obtiene una mejor disponibilidad de nutrientes para aumentar la digestibilidad y se pueden eliminar microorganismos patógenos.
- 12.5. En la comparación de la flotabilidad, se obtuvieron promedios de 86% para el concentrado comercial CC y 88.7% para la fórmula desarrollada F1. Esta flotabilidad permite que los gránulos de alimento puedan flotar por diez minutos. El valor crítico de $t_{0.005}$ para grados de libertad ($15+15-2=28$) es 2.7633, como t_c es menor (0.648) en valor absoluto, se acepta la hipótesis nula, H_0 . Por lo tanto puede decirse que es cierta la hipótesis de investigación porque no existe diferencia significativa entre el concentrado comercial CC y la fórmula desarrollada F1, en 15 repeticiones realizadas.
- 12.6. En el análisis bromatológico contiene 27.12% de proteína en la formulación desarrollada F1, siendo este un parámetro de calidad nutricional requerido. Considerando la flotabilidad obtenida, esta fórmula es idónea para alimentación de tilapia.

13. RECOMENDACIONES

- 13.1. Dar a conocer estos resultados con la población y en especial con los acuicultores, con el propósito de brindar alternativas a sus medios de producción y ellos puedan tener la mejor de ellas para la elaboración de sus propios concentrados, porque esta fórmula se puede utilizar en la alimentación de tilapia.
- 13.2. Utilizar gallinaza en las formulaciones de alimentos balanceados, proporcionando macro y micro elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, sodio, hierro, cobre, zinc, entre otros, los cuales son necesarios para el buen crecimiento de la tilapia. En el análisis bromatológico se mostró un 25.90% de proteína y otros nutrientes importantes en el engorde de tilapia.
- 13.3. Comparar la biomasa obtenida con el consumo de la fórmula F1 y con el consumo del concentrado comercial CC, en condiciones controladas.
- 13.4. Realizar otros estudios para mejorar la flotabilidad y poder tener un mayor porcentaje en el espejo de agua durante más de diez minutos, en diferentes tamaños de pellets, otros ambientes, medir biomasa, eficiencia y niveles de oxígeno en las piscinas.
- 13.5. Aumentar el porcentaje de harina de pescado o incorporar sangre de animales provenientes del destace vacuno. Podría aumentarse hasta un 5% de proteína, con estas materias primas.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

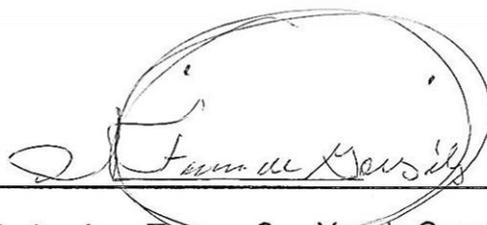
1. Alvarado, P. (1991). *Tecnología integral para la producción de pienso líquido con alto nivel proteico en Cuba*. Universidad Agrícola de Praga. Cuba.
2. Asociación Cultivadores y Psicultores Acuáticos, (. (1997). *La Acuicultura Cubana*. Lima, PE: ACPA.
3. Bonilla, G. (1997). *Estadística II* (2 ed.). El Salvador: UCA.
4. Castillo, L. (2014). *Comparación del efecto de dos dietas alimenticias comerciales (con flóculo vs. Sin flóculo) sobre el crecimiento de tilapia Oreochromis niloticus en condiciones experimentales*. (Tesis de Ingeniería Agroindustrial) León, NI. Universidad Autónoma de Nicaragua.
5. *Científicos determinan nivel de proteína en alimentos para tilapia*. (03-02-2018). Recuperado el 06 de 02 de 2018, de www.aquahoy.com
6. *Determinación de proteína por el método de kjeldahl*. (21 de junio de 2011). Recuperado el 11 de noviembre de 2017, de <http://www.grupo-selecta.com/notasdeaplicaciones/analisis-alimentarios-y-de-aguas-nutritional-and-water-analysis/determinacion-de-proteinas-por-el-metodo-de-kjeldahl-kjeldahl-method-for-protein-determination/>
7. *Estadísticas de producción acuicultura de peces ornamentales*. (1 de abril de 2017). Recuperado el 1 de febrero de 2018, de <https://www.aquahoy.com/el-acuicultor/29207-actualizacion-de-estadisticas-de-produccion-acuicultura-de-peces-ornamentales-y-mejora-del-rendimiento-del-cultivo-de-tilapia>
8. *Evaluación de subproductos agroindustriales en la alimentación de tilapia*. (1 de enero de 2010). Recuperado el 15 de octubre de 2017, de <http://www.redalyc.org/html/494/49422788001/>
9. Figueroa, A. (3 de julio de 2007). *Ciencia Marina*. Recuperado el 15 de junio de 2017, de http://www.madrimasd.org/blogs/ciencia_marina/2007/07/03/69300
10. Finelli, J. P. (2009). *Equipamiento para la producción de alimento para peces*. Jornada Nacional de AgroAcuicultura. Argentina: Muyang Groups.
11. Gamboa, V. F. (1 de abril de 2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 2 de noviembre de 2017, de <http://www.fao.org/3/I4655S.pdf>

12. Gamboa, V. E. (2013). *Benefits and Optimization of Extrusion*. Iowa, USA: Insta-Pro International.
13. Gamboa, V. (14 de octubre de 2014). *Reutilización de mermas y aprovechamiento de residuos para consumo humano*. Recuperado el 30 de octubre de 2017, de <https://es.slideshare.net/FAOoftheUN/guatemala-eddy-gamboa>
14. *Genómica y Inmunología*. (2 de enero de 1998). Recuperado el 15 de octubre de 2017, de http://patologia.iim.csic.es/grupo_patolog/linea-investigacion/2/9/4/ENCEFALOPAT%C3%8DAS%20ESPONGIFORMES%20EN%20PECES%20COMO%20VECTORES%20DE%20LA%20ENFERMEDAD
150. Smith, D. (2013). *Principles of Nutrition and Feed Formulation for Fish and Shrimp*. Inta-Pro International (pág. 84). Iowa, USA: Dept. of Wildlife and Fisheries Sciences Texas A&M University System.
16. INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá), (. d. (2007). *Tablas Nutricionales de Alimentos*. Recuperado el 20 de septiembre de 2017, de www.incap.org.gt
17. Juran, G. (1995). *Análisis y planeación de la calidad*. México: McGraw Hill.
18. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (23 de febrero de 2017). *Agrocadena de tilapia prioriza seguridad alimentaria*. Recuperado el 7 de noviembre de 2017, de <http://web.maga.gob.gt/blog/agrocadena-de-tilapia-prioriza-seguridad-alimentaria/>
19. Moreno A., M. J., Hernández, J. G., Rovero, R., Tablante, A., & Rangel, L. (2000). *Alimentación de Tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (8), 29-33.
20. Núñez, S. (2012). *Comparación del uso de gallinaza + urea, desperdicios del engorde de peces en jaulas y alimento concentrado para el preengorde de alevines de tilapia del Nilo*. Honduras: Universidad de Zamorano.
21. ONU (Organización de las Naciones Unidas). (25 de septiembre de 2015). *Objetivos de desarrollo sostenibles 2030*. Recuperado el 3 de noviembre de 2017, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
22. Pantoja, J. (10 de mayo de 2011). *Obtención de un alimento extruido para tilapia roja (Oreochromis spp) utilizando ensilaje biológico de pescado*. Recuperado el 20 de

octubre de 2017, de
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000200020

23. Pérez, M. (2015). *Crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos*. León, NI: Universidad Autónoma Nacional de Nicaragua.
24. Perry, G. M. (1992). *Manual del ingeniero químico*. México: McGraw Hill.
25. Raboresearch, F. (10 de 01 de 2018). *Utilización de desechos agroindustriales*. Recuperado el 20 de 01 de 2018, de www.aquahoy.com
26. Ramos, F., Triminio, S., Meyer, D., & Barrientos, A. (2006). *Determinación de Nitrógeno*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2017, de pdacrsp.oregonstate.edu/featured_titles/Determinacion_Meyer007.pdf
27. Saavedra, M. (2006). *Utilización de los residuos de cítricos en alimentación de peces*. Recuperado el 30 de octubre de 2017, de www.pdf.usaid.gov
28. Said, N. (2013). *V.P. Nutrition & Extrusion Technologies*. Iowa USA: Insta-pro International.
29. Tawfik L, C. A. (1992). *Administración de la producción*. México: McGraw-Hill.
30. Ureña, W. M. (2016). *Aprovechamiento de humedales para la producción de tilapia roja (Oreochromis spp) y tilapia gris (Oreochromis niloticus) en el barrio la Hamaca perteneciente al Cantón Paltas. Loja, EC*: Universidad Nacional de Loja.
31. Valentina Stutzin, G. G. (2016). *Guatemala impulsará una estrategia nacional para aumentar el consumo de pescado*. GT. FAO(1), 15-18
32. Vargas, R. (2003). *Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de los alimentos piscícolas*. Costa Rica: AM.

Vo. Bo.



Licda. Ana Teresa Cap-Yes de González

Bibliotecaria, CUNSURO, USAC

14. ANEXO

Anexo I: bromatológicos de materias primas.

 INLASA Investigación • Laboratorio • Análisis • Servicio al Cliente	INLASA, S.A. 29 Calle 19-11 Zona 12 Teléfonos: 24761795, 24760337 Fax: 24769349 E-mail: serviciocliente@inlasa.com www.inlasa.com
ACREDITADOS ISO 17025:2005 Alcance OGA-LE-008-05	Código: F-ADN-051
Fecha Reporte: 18/11/2017 16:25:12 Cliente: Insepral / Edy Gamboa Nit: 3409924-2 Descripción: Harina de zanahoria, harina naranja, maíz amarillo, ajonjolí, harina pescado, gallinaza, bromatológicos	Elaborado Por: JenyK Fecha Recepción: 05/11/2017 Tel: 54736725
BROMATOLOGICO MAIZ AMARILLO	
	g/100 g
kCalorías	361
Grasa	76.85
Carbohidratos totales	1.45
Cenizas	10.95
Humedad	12.1
Proteínas	6.93
Fibra	9.6
Ca	7.0
P	272
Base seca, gr en 300 gramos, %.	
BROMATOLOGICO NARANJA	
	g/100 g
kCalorías	274
Grasa	1.48
Carbohidratos totales	76.16
Cenizas	10.69
Humedad	11.18
Proteínas	11.20
Fibra	18.00
Ca	0.30
P	0.12
Base seca, gr en 100 gramos, %.	
BROMATOLOGICO ZANAHORIA	
	g/100 g
kCalorías	274
Grasa	1.48
Carbohidratos totales	76.16
Cenizas	10.69
Humedad	12.10
Proteínas	11.20
Fibra	0.47
Ca	0.30
P	0.10
Base seca, gr en 100 gramos, %.	

BROMATOLOGICO AJONJOLI

	g/100 g
kCalorias	573
Grasa	49.67
Carbohidratos totales	23.45
Cenizas	4.45
Humedad	4.69
Proteinas	17.73
Fibra	11.80
Ca	975
P	629

Base seca, gr en 100 gramos, %.

BROMATOLOGICO PESCADO

	g/100 g
kCalorias	409
Grasa	1.0
Carbohidratos totales	0
Cenizas	11.30
Humedad	11.50
Proteinas	70.0
Fibra	0
Ca	2.75
P	351

Base seca, gr en 100 gramos, %.

BROMATOLOGICO GALLINAZA

	g/100 g
kCalorias	175
Grasa	4.3
Carbohidratos totales	0
Cenizas	32.40
Humedad	18.0
Proteinas	25.90
Fibra	14.90
Ca	10.41
P	351

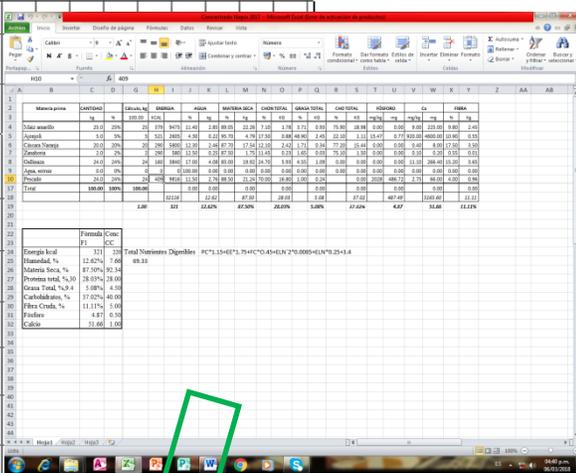
Base seca, gr en 100 gramos, %.

Licda. Ana Calderon G

Col No. 114

Anexo II: tabla dinámica de formulación para alimentos balanceados, Insta-Pro International, Karl Arnold, septiembre 2013.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
ALIMENTO	CANTIDAD	%	COSTO	TOTAL Q	Calculo, kg	ENERGIA	AGUA	Materia Seca	GRASA TOTAL	CHOLO TOTAL	ALMIDON	Ca	Fibra										
	kg		Q/KG	Q	100.00	KCAL/kg	%	kg	%	KG	%	mg/kg	MG	%	kg	%	kg	%	mg/kg	MG	%	kg	%
2 zanahoria	1.00	1.00%	Q 55.00	Q 55.00	1.00	274.00	15.18	84.82	0.85	11.20	0.11	3000.00	3000.00	8.16	0.08								
5 Maiz amarillo	30.00	30.00%	Q 3.50	Q 105.00	30.00	355.00	11.10	88.90	26.67	6.70	2.07	6.00	180.00	3.80	1.14								
6 Gallinaza	20.00	20.00%	Q 1.35	Q 27.00	20.00	0.00	12.00	88.00	17.60	19.44	3.89	0.00	50.60	12.60	2.52								
8 Alonjoloti	4.00	4.00%	Q 5.00	Q 20.00	4.00	573.00	4.69	95.31	3.81	17.73	0.71	49.67	1.99	3900.00	11.80	0.47							
9 ALMIDON DE MAIZ	5.00	5.00%	Q 10.00	Q 50.00	5.00	344.00	7.52	92.48	4.62	0.25	0.01	2.35	0.09	975.00	2.00	0.05							
11 CABEZA CAMARON HARINA	40.00	40.00%	Q 10.00	Q 400.00	40.00	0.00	3.94	96.06	38.42	50.27	20.11	6.57	2.63	0.00	0.00								
15 Agua, 15 kg proceso.		0.00%	Q -	Q -	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
17 total	100.00	100%	Q 657.00	Q 657.00	100.00	17402.00	0.00	91.98%	26.84%	28.34	20.11	71.41	4.26%										
19 Por porcion por kilogramo			Q 6.57	Q 1.00	1.00	174.02	8.02%	91.98%	6.07%	28.34%	20.11%	71.41	4.26%										
20 Q por libra			Q 2.92	Q 0.25	0.25	71.41	3.26%	36.74%	2.45%	11.35	8.04%	28.34	1.73%										
22 Alimen	Concen																						
23 Estandar/	balanc	comer																					
24 Energia kcal/kg	174.02																						
25 Humedad, %	8.02%	7.66																					
26 Materia Seca, %	91.98%	92.34																					
27 Proteina total, %	26.84%	29.18																					
28 Grasa Total, %	6.07%	10.34																					
29 Carbohidratos, %	28.34%	15.41																					
30 Almidon, %	20.11%	7.81																					
31 Fibra Cruda, %	4.26%	10.19																					



Anexo III: bromatológico fórmula desarrollada F1.



INLASA S.A.
29 Calle 19-11 Zona 12
Teléfonos: 24761795, 24760337
Fax: 24769349
E-mail: serviciocliente@inlasa.com
www.inlasa.com

ACREDITADOS ISO 17025 2005
Alcance OGA-LE-008-05

Código: **Z-AJU-102**

Fecha Reporte: **14/01/2018 13:55:37**
Cliente: **Insepral / Edy Gamboa**
Nít: **3409924-2**
Descripción: **Concentrado F1, bromatológico**

Elaborado Por: **SusyHL**
Fecha Recepción: **05/12/2017**
Tel: **54736725**

BROMATOLOGICO CONCENTRADO F1

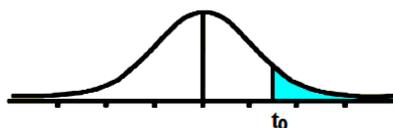
	g/100 g
kCalorias	389
Grasa	4.95
Carbohidratos totales	34.85
Cenizas	11.52
Humedad	11.82
Proteinas	27.12
Fibra	9.95
Ca	48.90
P	8.90

Base seca, gr en 100 gramos, %.


Lic. Jorge Chang H.
Col No. 1712
INLASA
Investigación • laboratorio • análisis • servicio • asesoría

Anexo IV: tabla valores t de Student

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

Fuente: (Bonilla, 1997)

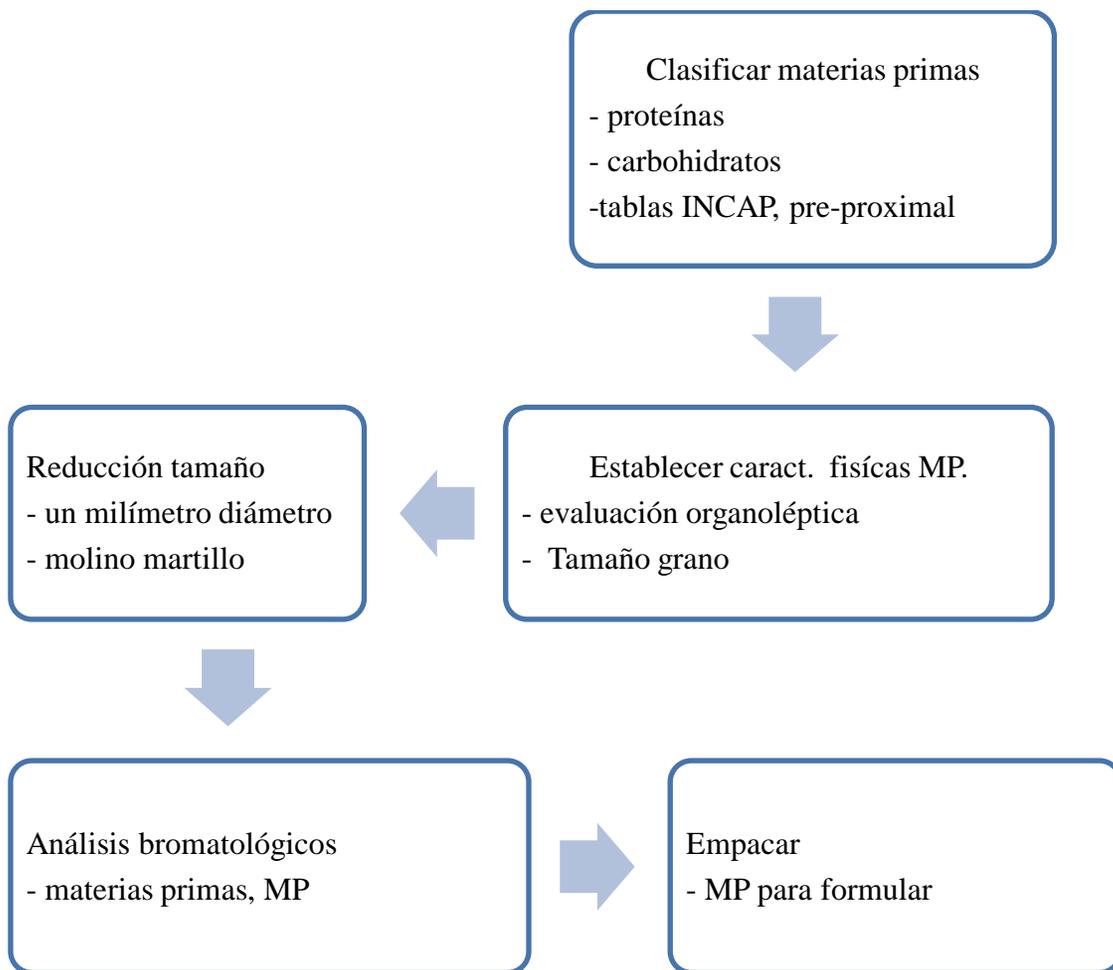
Continuación anexo IV.

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

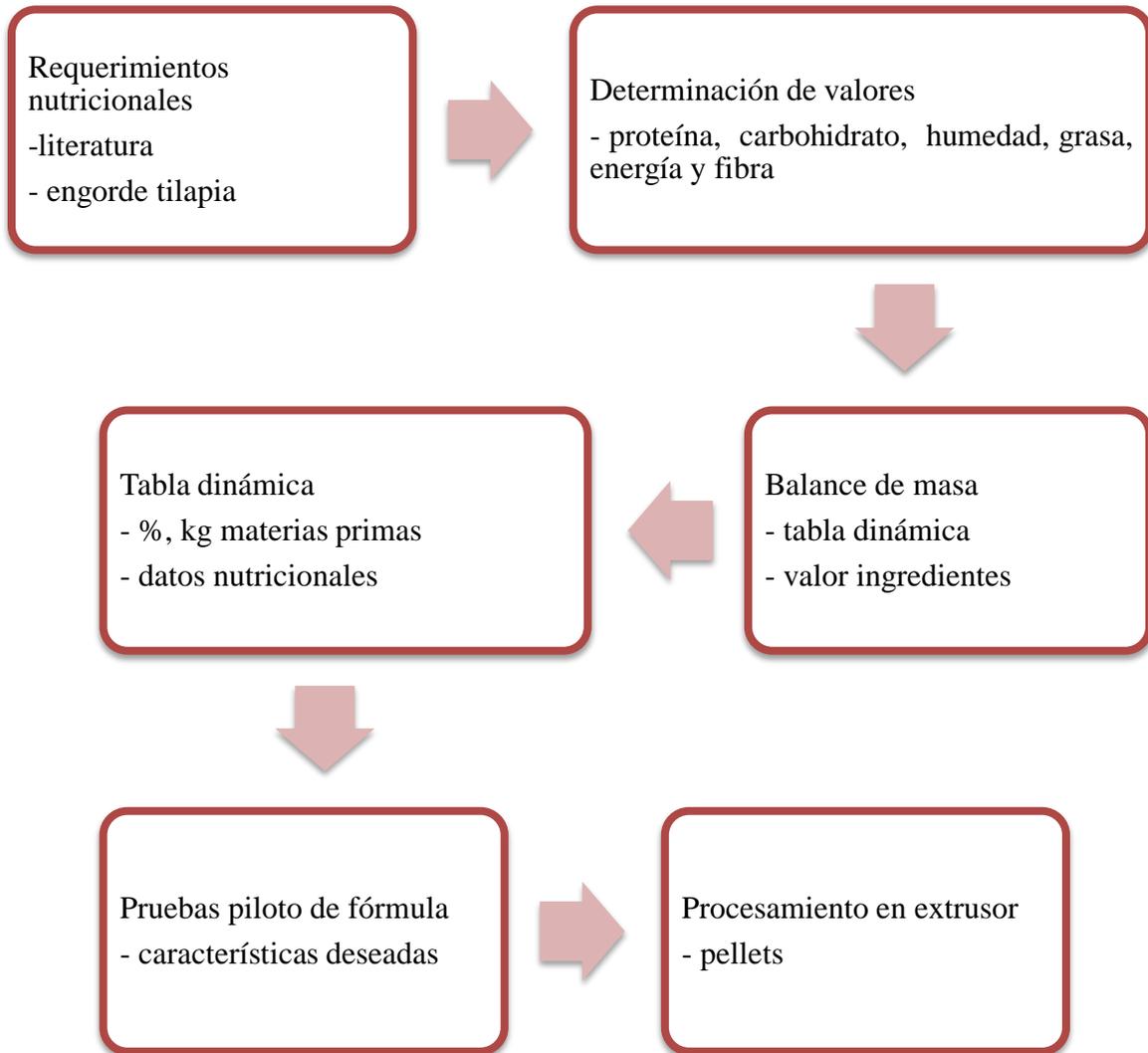
Fuente: (Bonilla, 1997)

15. APENDICE

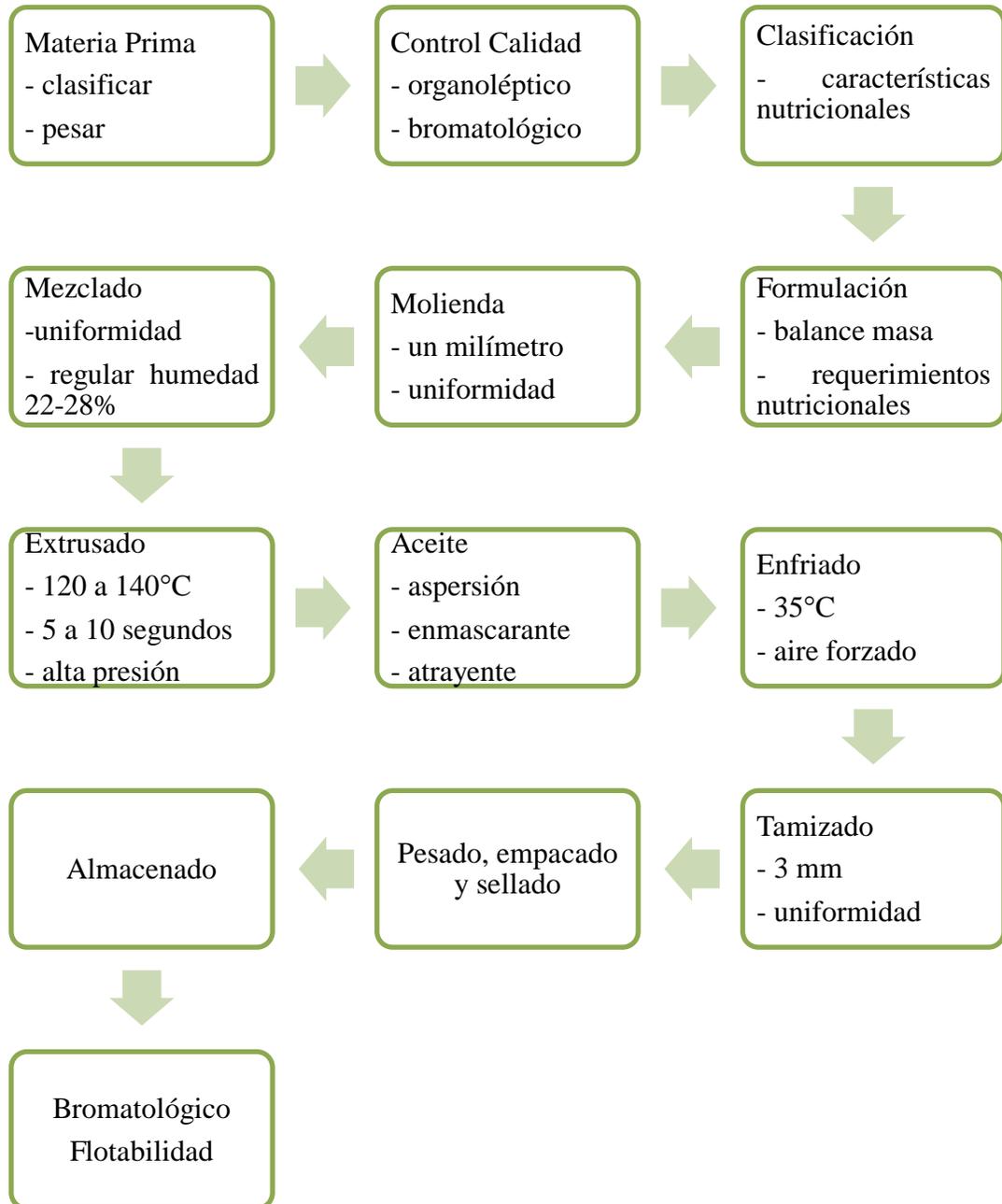
Apéndice I: proceso de control de calidad de materias primas



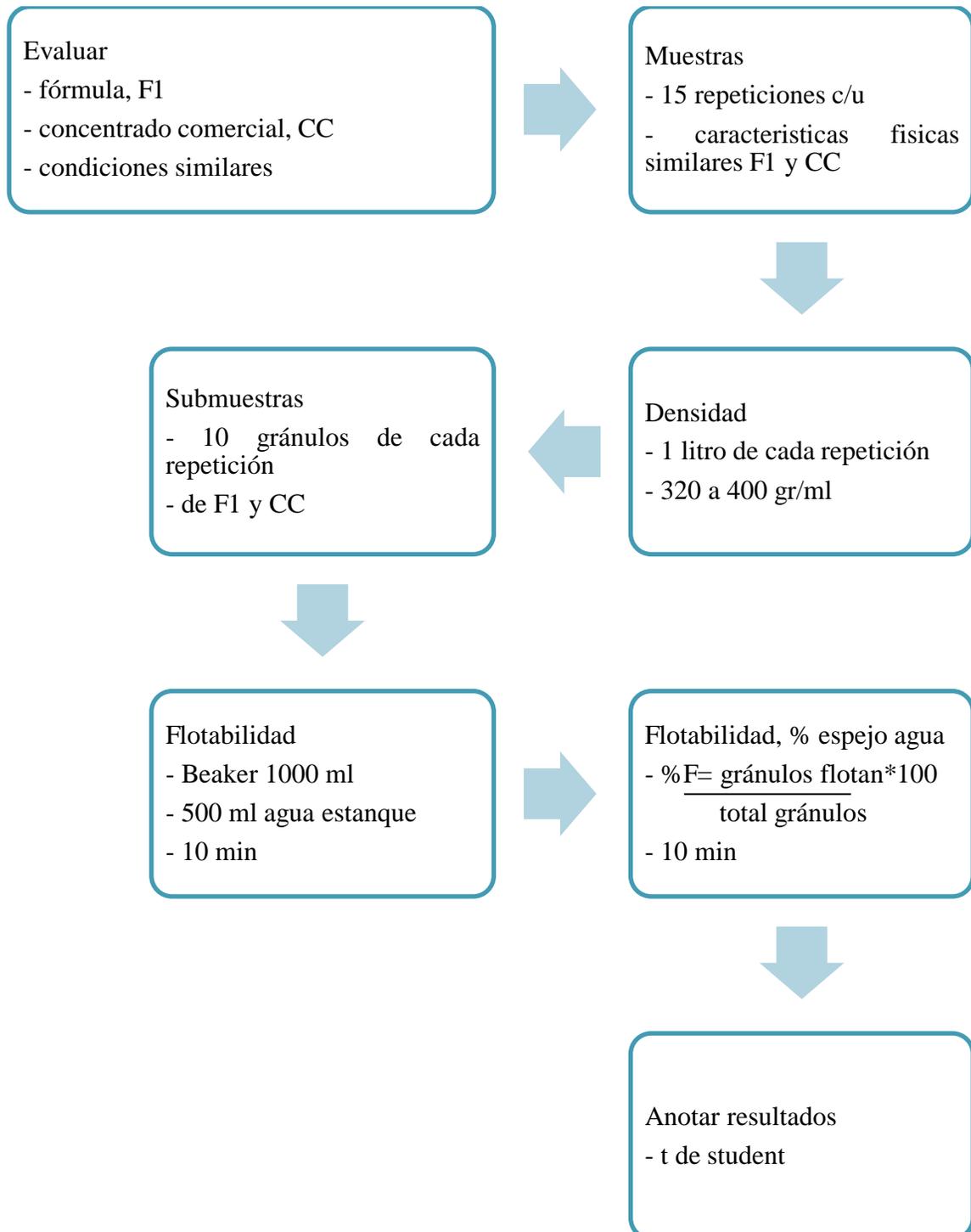
Apéndice II: formulación de alimento balanceado



Apéndice III: elaboración de alimento balanceado



Apéndice IV: determinación de flotabilidad



Apéndice V: boleta evaluación sensorial, pureza y tamaño de partícula
BOLETA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL, % PUREZA, MM PARTÍCULA

FECHA: _____ HORA: _____ BOLETA No. _____

INSTRUCCIONES: evaluar organolépticamente el olor y color, % pureza y mm diámetro de las materias primas, para el olor y color debe aplicar la nomenclatura descrita en el cuadro A.

Cuadro A: nomenclatura para evaluación.

Olor, Color	No.	% pureza	mm
Característico	6	Tomar 100 gr y extraer las	
Característico moderadamente	5	impurezas, pesarlas.	Diámetro
Característico poco	4	%P= $\frac{(gMP-gImp)}{g MP} \times 100$	en
No característico/característico	3		milímetros
No característico poco	2	%P= % pureza	de cada
No característico moderadamente	1	MP= materia prima Imp= impureza	materia prima
No característico	0		

Fuente: elaboración propia, 2017

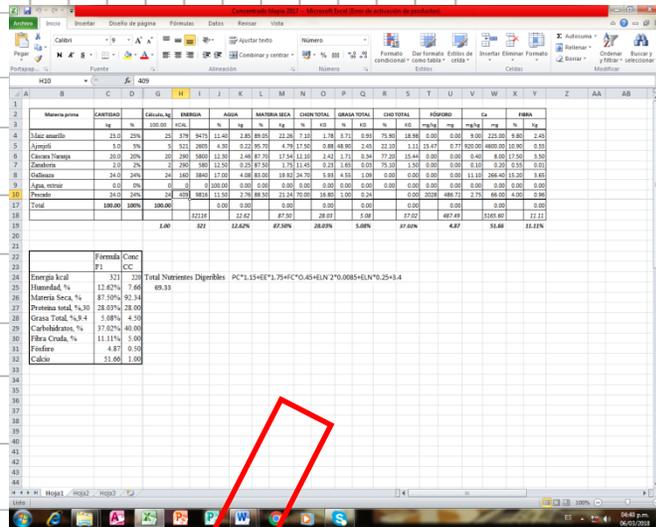
Cuadro B: resultados obtenidos

Materia prima	Olor	Color	%pureza	Mm
Maíz Amarillo				
Ajonjolí				
Naranja				
Zanahoria				
Gallinaza				
Pescado				

OBSERVACIONES:

Apéndice VI. Balance de masa y formulación

Materia prima	CANTIDAD		ENERGIA		AGUA		MATERIA SECA		CHON TOTAL		GRASA TOTAL		CHO TOTAL		FÓSFORO		Ca		FIBRA	
	kg	%	KCAL	kg	%	kg	%	kg	%	KG	%	KG	%	KG	mg/kg	mg	mg/kg	mg	%	kg
Maiz amarillo	25.0	25%	379	11.40	2.85	89.05	22.26	7.10	1.78	3.71	0.93	75.90	18.98	0.00	9.00	225.00	9.80	2.45		
Ajonjolí	5.0	5%	521	4.30	0.22	95.70	4.79	17.50	0.88	48.90	2.45	22.10	1.11	15.47	0.77	920.00	4600.00	10.90	0.55	
Cáscara Naranja	20.0	20%	290	580	2.46	87.70	17.54	12.10	2.42	1.71	0.34	77.20	15.44	0.00	0.40	8.00	17.50	3.50		
Zanahoria	2.0	2%	290	580	0.25	87.50	1.75	11.45	0.23	1.65	0.03	75.10	1.50	0.00	0.10	0.20	0.55	0.01		
Gallinaza	24.0	24%	160	3840	4.08	83.00	19.92	24.70	5.93	4.55	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.10	266.40	15.20	3.65	
Agua, extruir	0.0	0%	0	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Pescado	24.0	24%	409	9816	11.50	2.76	88.50	21.24	70.00	16.80	1.00	0.24	0.00	2028	486.72	2.75	66.00	4.00	0.96	
Total	100.00	100%	3216	3216	12.62%	87.50%	12.62%	87.50%	28.03%	5.08%	37.02%	37.02%	4.87	51.66	11.11%					



	Formula	Conc
	F1	CC
Energía kcal	321	220
Humedad, %	12.62%	7.66
Materia Seca, %	87.50%	92.34
Proteína total, %	28.03%	28.00
Grasa Total, %	5.08%	4.50
Carbohidratos, %	37.02%	40.00
Fibra Cruda, %	11.11%	5.00
Fósforo	4.87	0.50
Calcio	51.66	1.00

Total Nutrientes Digeribles $PC * 1.15 + EE * 1.75 + FC * 0.45 + ELN * 2 * 0.0085 + ELN * 2 * 0.0085 + ELN * 2 * 0.0085$

69.33

16. GLOSARIO

Alimento balanceado: Mezcla de materias primas para obtener determinados porcentajes de nutrientes, para satisfacer una necesidad determinada de alimentación para un ser vivo, en etapa de crecimiento, engorde y mantenimiento. Sinónimo de piensos.

Almidón: carbohidrato con características físicas importante para la producción de alimentos, en los alimentos balanceados en el proceso de extrusión se calientan arriba de 85°C y el almidón tiende a hincharse, esto tiene un efecto directo en la flotabilidad. Son polímeros de los azúcares simples de la glucosa.

Dextrinización: rompe la estructura molecular de la amilosa y amilopectina liberando cadenas más cortas de glucosa que a su vez pueden ser digeridas mejor con mayor facilidad (más substrato por superficie de área) en el tracto digestivo.

Espejo de agua: termino para denotar la superficie de agua de un estanque.

Extrusor: equipo básicamente compuesto por un tornillo sin fin y una camisa, juntos llegan a producción presión y calor para desinfectar un alimento y darle la forma de un pellets.

Factor de conversión alimenticia: (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración.

Flotabilidad: característica de alimentos balanceados, el cual debe permanecer a flote sobre el agua en un tiempo de 10 minutos, para ser aprovechado por los peces.

Gallinaza procesada: excretas de gallinas, que ha sido procesada para proporcionar macro y micro elementos básicos para formar moléculas. El proceso consiste en el almacenamiento por 6 a 8 meses sometido a temperaturas de 60°C, y certificada por medio de laboratorios.

Gránulo: alimento balanceado, pellets individual.

Pellets: alimento balanceado procesado en un extrusor, convertido en una cápsula que contiene la mezcla de nutrientes necesarios para una función determinada en una especie animal. Con diferentes dados que le dan la forma necesaria para la alimentación.

Piensos: sinónimo de alimentos balanceados, concentrados, alimentos para animales.

Rendimiento productivo: se entiende como el peso en kg por unidad de superficie o volumen obtenido a la cosecha. La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos.

Tabla dinámica Excel: En Microsoft Excel 2010, puede dinamizar datos en un informe de tabla dinámica o de gráfico dinámico al cambiar el diseño de campo de los datos. Al usar la lista de campos de tabla dinámica, puede agregar, reorganizar o quitar campos para mostrar los datos de una tabla dinámica o un gráfico dinámico exactamente de la manera que desea. De forma predeterminada, los cambios realizados a la lista de campos de tabla dinámica se actualizan automáticamente en el diseño del informe. Para mejorar el rendimiento cuando usa una gran cantidad de datos externos, puede cambiar temporalmente a actualización manual.

Señores:
Comisión de Trabajo de Graduación.
Ingeniería en Alimentos
Centro Universitario del Sur Occidente, CUNSUROC
Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC.

Respetables señores:

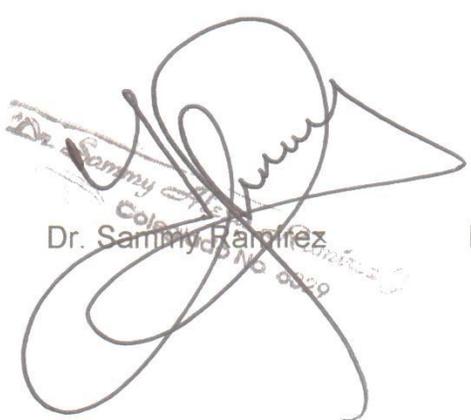
Deseándoles éxitos en sus labores diarias, nosotros los miembros de la Terna Revisora, nos dirigimos a ustedes para hacer de su conocimiento que el estudiante VICTOR EDY GAMBOA LÓPEZ, CARNÉ 9540654, realizó las correcciones solicitadas en la evaluación final del Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Alimentos, con el título: **“Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el CUNSUROC para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)”**.

Agradeciendo de antemano la aceptación y trámite de este trabajo de graduación.

Atentamente



Ingá. Carolina Estrada



Dr. Sammy Rodríguez



Dr. Marco del Cid



Mazatenango, 25 de julio de 2018.

Dr. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador carrera de Ingeniería en Alimentos.
CUNSUROC –USAC–.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el Cunsuroc para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)**, del (la) estudiante: **Victor Edy Gamboa López**, identificado (a) con número de carné: **9540654**.

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes.

Deferentemente.

Ing. Marvin Manolo Sánchez López.
Secretario de comisión de trabajo de graduación.





Mazatenango, 25 de julio de 2018.

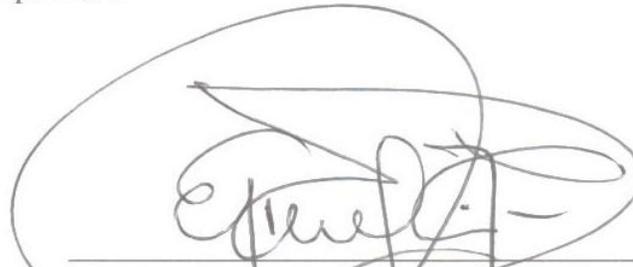
Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano.
Director del Centro Universitario del sur Occidente.
CUNSUROC -USAC-.
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **Comparación de la flotabilidad de un concentrado comercial y una fórmula desarrollada en el Cunsuroc para el engorde de tilapia (*Oreochromis niloticus*)**”, El cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **9540654 Victor Edy Gamboa López**, quien se identifica con número de carné: **9540654**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del imprímase.

Deferentemente.



Dr. Edgar Roberto del Cid Chacón
Coordinador
Carrera de Ingeniería en Alimentos.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-11-2018

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, ocho de octubre de dos mil dieciocho_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes de la Comisión de Tesis y del Secretario del comité de Tesis, "COMPARACIÓN DE LA FLOTABILIDAD DE UN CONCENTRADO COMERCIAL Y UNA FÓRMULA DESARROLLADA EN EL CUNSUROC PARA EL ENGORDE DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)" del estudiante: **Victor Edy Gamboa López**, carné No. 9540654. CUI: 2410 55652 1102 de la carrera **Ingeniería en Alimentos**.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Guillermo Vinicio Tello Carrón", enclosed in a hand-drawn oval.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Carrón
Director - CUNSUROC -



/gris