

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Evaluación de alimento elaborado de forma artesanal, para engorde de
trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)**



Presentado por:

T. A. Mario Rolando Aguilar Galindo

Para otorgarle el título de:

Licenciado en Acuicultura

Guatemala, noviembre de 2015

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Evaluación de alimento elaborado de forma artesanal, para engorde de
trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)**



Presentado por:

T. A. Mario Rolando Aguilar Galindo

**Para otorgarle el título de
Licenciado en Acuicultura**

Asesor: M. Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

Guatemala, noviembre de 2015

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente	M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretario	M. BA. Allan Franco de León
Representantes Docentes	M. A. Olga Marina Sánchez Cardona M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representante Estudiantil	Lic. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Representante Estudiantil	T. A. María José Mendoza Arzu



El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario, **Mario Rolando Aguilar Galindo**, titulado “Evaluación de alimento elaborado de forma artesanal, para engorde de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle

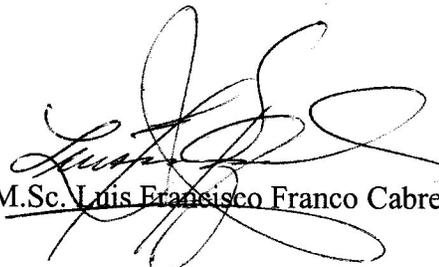


Guatemala, octubre del 2015



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-, después de conocer el dictamen del asesor M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Mario Rolando Aguilar Galindo**, titulado “Evaluación de alimento elaborado de forma artesanal, para engorde de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera



Guatemala, octubre del 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ayudarme y cuidarme en cada paso de mi vida.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme el espacio y las herramientas necesarias para el logro de mis objetivos en mi desempeño profesional.

Al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, por los conocimientos y experiencias brindadas por parte del personal docente, académico y administrativo, durante los años de mi actividad académica.

A la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO-, por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado y contribuir a la acuicultura de pequeña escala en las comunidades de San Marcos.

Al Prado, por brindarme espacio en sus instalaciones y su colaboración para la realización de esta investigación.

A mis, padres por todo el esfuerzo que durante años han realizado, para convertirme en un profesional de excelencia.

Al Lic. Luis Franco, por asesorar y colaborar en la elaboración de esta investigación.

A mis incontables amigos, por el apoyo y la confianza que me han brindado.

DEDICATORIA

- A Dios: Por su guía y protección en el largo camino de la vida.
- A mis padres: Por su inmedible esfuerzo que durante años realizaron para convertirme en un profesional de éxito, por guiarme en el camino de mi profesión, por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, por impedirme abandonar el camino a pesar de lo difícil que fuera y por todo el amor que me han brindado.
- A mi familia: Por todo el apoyo, compañía y afecto que me han brindado a lo largo de mi vida.
- A mis amigos: Por todas las aventuras, risas y apoyo que brindan a lo largo de mi vida.
- Al CEMA: A mi muy querido centro de estudios, por ser otro hogar, que durante años me ha brindado conocimiento, técnicas y el respaldo necesario para ser un profesional de éxito.

RESUMEN

En el altiplano de Guatemala, la acuicultura se ha desarrollado en torno a la trucha arcoíris *O. mykiss*, la cual ha presentado una gran aceptabilidad en la región, las personas se encuentran identificadas con el consumo de este pez, lo cual lo convierte en un platillo demandado en la región. Los cultivos de trucha arcoíris se desarrollan en pequeñas áreas de cultivo, en los últimos años se ha logrado producir semilla comercial, uno de los cuellos de botella de la producción. Otro componente considerado limitante, es la dependencia en alimentos balanceados formulados para tilapia y utilizados en trucha, los cuales no llenan los requerimientos nutricionales de la especie.

La elaboración de un alimento balanceado tipo artesanal, formulado con insumos locales de la comunidad de San José Ojetenam, San Marcos, es una alternativa alimenticia para los peces, potenciando la acuicultura y manteniendo márgenes de ganancia interesantes para los productores. La inclusión de insumos tales como: harina de trigo, maíz, habas, alverjas abundantes recursos de origen vegetal, y por otro lado, la inclusión de insumos de origen animal, como subproductos de la industria avícola, el hígado de pollo y harina de pollo, harinas de carne y sangre de bovinos, porcinos u ovinos, o bien harina de lombriz, recurso cultivable en ambientes caseros. Mediante la combinación adecuada de los insumos mencionados anteriormente y balanceados utilizando EXCEL y la herramienta *Solver*, se logró estimar un alimento con capacidad de cubrir los requerimientos nutricionales de proteína, energía, algunos aminoácidos, calcio y fósforo. El alimento terminal correspondió a una galleta con contenidos de proteína de 36% y un porcentaje de fibra inferior al 6%.

La evaluación biológica correspondió a un período de 45 días, donde los resultados fueron comparados al rendimiento biológico obtenido por peces alimentados con balanceados para tilapia.

Los resultados mostraron que al inicio de la investigación, los pesos y tallas entre tratamientos no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$), sin embargo, al final del período experimental los resultados mostraron diferencias de hasta 4 gramos entre los grupos de peces alimentados

con el alimento artesanal contra el grupo alimentado con balanceado comercial para tilapia, concluyendo con una diferencia estadísticas ($P=0.0494$), determinando una diferencia positiva para el uso de alimentos artesanales.

Se detectó una relación económica negativa cuando el alimento artesanal fue utilizado; debido a los precios de los ingredientes en el mercado local. Esta situación puede llegar a ser subestimado si el agricultor proporciona los insumos requeridos, especialmente de origen vegetal.

La comida de pescado artesanal, para la producción de la trucha puede aumentar la producción, así como el valor nutricional del musculo y brindar un impacto positivo en la economía de los agricultores.

ABSTRACT

Aquaculture in Guatemala has recently developed around the rainbow trout *O. mykiss*, which has presented a great acceptability in the highlands rural region. The human community is very well identified with this fish species, making a demandable dish in the area. The rainbow trout cultures are developed in small water bodies. Last few years ago, the production of its fingerlings has been achieved; one of the bottlenecks on fish production. Another limiting component is the high dependence of balanced food, formulated for tilapia and used in trout culture, food that doesn't fill the nutritional requirements of the species.

The elaboration of artisanal balanced food, formulated with local supplies of San José Ojetenam community in San Marcos, is an alternative food for the aquaculturists, enhancing the aquaculture and maintaining interesting profit margins for producers. The inclusion of inputs such as wheat flour, corn, beans and peas flour, abundant resources of plant origin in the region, makes possible. On the other hand, the inclusion of animal inputs, such as poultry by-products industry, such as chicken liver, chicken and meat flour, also some by-products of cattle, pigs and sheep blood, and earthworm flour may be considered as important resources. The artisanal fish food formulation was accomplished by using EXCEL and Solver tool. The final food was a cookie with 36% of protein and less than 6% of fiber.

The biological evaluation corresponded a period of 45 days, where the results were compared to the biological performance obtained by fed fish with balanced food for tilapia.

The results showed that at the beginning of research, the weights and lengths between treatments did not showed statistic difference ($P>0.05$), however, at the end of the experimental period, results showed differences of up to 4 grams between the fish groups that were feed with the artisanal food against the group fed with balanced commercial food for tilapia. This concludes a statistic difference ($P=0.0494$), determining one positive difference for the craft food evaluated.

A negative economic relationship was detected when artisanal fish food was used; due to prices in local market. This situation may become underestimated if the farmer provides the required inputs, especially of vegetable origin.

The home-made fish food for trout production may enhance production as well as muscle nutritional value and impact positively on farmer economy.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Marco referencial	3
3.2 Marco conceptual	5
3.2.1. Clasificación taxonómica	5
3.2.2. Rasgos biológicos <i>Oncorhynchus mykiss</i>	6
3.2.3. Hábitat y biología	6
3.2.4. Requerimientos nutricionales	7
3.2.5. Alimento balanceado	8
3.2.6. Alimento alternativo	8
3.2.7. Ingredientes	8
3.2.8. Harina de pescado	8
3.2.9. Manjúa	9
3.2.10. Aceite de pescado	9
3.2.11. Harina de carne	9
3.2.12. Harina de maíz	9
3.2.13. Harina de trigo	9
3.2.14. Guisantes	10
3.2.15. Habas	10
3.2.16. Aceite vegetales	10
3.2.17. Pigmentos	10
3.2.18. Factores antinutricionales	11

4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivos específicos	12
5. HIPÓTESIS	13
6. METODOLOGÍA	14
6.1 Ubicación geográfica	14
6.2 Definición de variable	14
6.2.1 Variable independiente	14
6.2.2 Variable dependiente	15
6.3 Elaboración de alimento	15
6.3.1 Selección de ingredientes	15
6.3.2 Formulación de alimento artesanal	15
6.3.3 Elaboración de alimento	15
6.3.4 Prueba de palatabilidad	15
6.3.5 Evaluación física del alimento	16
6.4 Prueba piloto	16
6.4.1 Estanques	16
6.4.2 Selección de organismos	16
6.4.3 Ración de alimento	16
6.4.4 Tratamientos	17
6.4.5 Controles y registros	17
6.5 Evaluación de crecimiento	17
6.5.1 Talla	17
6.5.2 Peso	17
6.5.3 Factor de Conversión Alimenticia	17

6.6	Tipo de diseño	18
6.6.1	Descripción del muestreo	18
6.6.2	Análisis de datos	18
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	19
7.1	Elaboración de alimento	19
7.1.1	Selección de ingredientes	19
7.1.2	Ingredientes vegetales	19
7.1.3	Insumos cárnicos	20
7.1.4	Formulación y balanceo de alimento	20
7.1.5	Elaboración del alimento	21
7.2	Evaluación física del alimento	23
7.2.1	Prueba de palatabilidad	23
7.2.2	Hidroestabilidad del alimento	23
7.2.3	Tiempo de flotación	23
7.2.4	Duración del alimento	23
7.3	Evaluación del rendimiento del alimento en fase de engorde	24
7.4	Discusión de resultados	28
8.	CONCLUSIONES	30
9.	RECOMENDACIONES	31
10.	BIBLIOGRAFÍA	32
11.	ANEXO	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Balanceo de alimento	21
Tabla No. 2. Estimación del costo del alimento artesanal, en base a los precios manejados en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos.	28

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Calculo de FCA y biomasa de los estanques de experimentación del alimento	27
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Vista aérea del municipio de San José Ojetenam, San Marcos.....	14
Figura No. 2. Habas en fresco en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos.....	19
Figura No. 3. Insumos cárnicos, hígados de pollo y manjúa en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos.....	20
Figura No. 4. Mezcla de insumos para elaboración de alimento.....	22
Figura No. 5. Galleta elaborada con los insumos disponibles en la región.....	22
Figura No. 6. Gráfica de crecimiento en peso de los peces.....	24
Figura No. 7. Rendimiento en talla de los estanques de experimentación.....	25
Figura No. 8. Ganancia diaria de peso entre muestreos.....	26

1. INTRODUCCIÓN

La nutrición de organismos para la explotación acuícola depende principalmente de dietas y alimentos formulados a escalas industriales, pero cuando la industria acuícola es incipiente, se presentan dificultades para nutrir y alimentar a dichos organismos, por lo que se suele utilizar alimentos inadecuados, para el desarrollo acuícola.

En el municipio de San José Ojetenam, San Marcos, se desarrolla la truchicultura desde hace décadas, estos organismos fueron introducidos por un párroco de esta localidad, actualmente el municipio cuenta con el proyecto El Prado, el único centro con ciclo cerrado de reproducción de trucha arcoíris a nivel nacional, siendo el productor más sobresaliente de alevines y engorde de truchas, las cuales se comercializan localmente.

Los productores locales utilizan alimento formulado para tilapia en presentaciones de 38%, 32%, y 28% de proteína cruda, por la facilidad de adquisición y precios de los alimentos. Sin embargo, se reconoce a nivel nutricional, que estos alimentos utilizan en su mayoría insumos de origen vegetal y fuente de grasas saturadas, principal fuente de Omega 6, pero deficiente en ácidos grasos de cadena Omega 3 y otros poliinsaturados de importancia en la alimentación de la trucha.

Existen en la región algunos recursos agrícolas y pecuarios que pueden ser utilizados en la formulación y elaboración de alimentos balanceados para trucha. Los alimentos elaborados en finca han mostrado tener un impacto significativo en el desarrollo de la acuicultura en otros países, por lo que debe considerarse como una opción de desarrollo local.

Los alimentos artesanales elaborados en finca, especialmente en aquellos proyectos donde el acceso al mercado de alimentos comerciales es difícil, a diferencia de los alimentos comerciales, los artesanales pueden dotar al músculo del pez con características organolépticas propias, al igual que mejorar el aporte de ciertos nutrientes y por su abundancia en la región, influyen positivamente en la generación de productos cárnicos de calidad y recursos económicos a la familia del piscicultor.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Otárola (2013), indica que la nutrición de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en el departamento de San Marcos, se basa en la suministración de alimento comercial formulado para tilapia *Oreochromis niloticus*, en presentaciones de 38%, 32% y 28% de proteína cruda, principalmente de origen vegetal.

Este alimento puede encontrarse con facilidad en cualquier parte de la región; no así el alimento específico para trucha que proviene generalmente de México. El alimento para tilapia, evidentemente no es un alimento adecuado para la alimentación y nutrición de truchas, debido a que no cumple con los requerimientos nutricionales básicos como lo indica el Ministerio de la Producción (2010): proteína entre 35% al 48% según el estadio de la trucha (alevín, juvenil, engorde y reproducción), grasa, y seguramente la diferencia en perfil de aminoácidos, aceites blandos, principalmente de la cadena Omega-3 y su relación con Omega-6 del 7% al 12%, carbohidratos 12%, vitaminas, principalmente A, D, E, K, tiamina, riboflavina, tiridoxina, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico, vitamina B12, ácido ascórbico y minerales. Generalmente, al utilizar alimento comercial de tilapia, se incrementa el Factor de Conversión Alimenticio (FCA), se prolonga el tiempo de cultivo y se incrementa la vulnerabilidad a enfermedades del tipo nutricional.

Debido a la carencia de alimentos comerciales para el engorde de trucha arcoíris *O. mykiss*, es necesario elaborar un alimento en forma artesanal, formulándose según tablas de composición proximal y utilizando insumos locales, con amplia disponibilidad para mantener la formulación de dicho alimento.

Los alimentos artesanales pueden mejorar los ciclos de cultivo y disminuir los costos de producción en las pequeñas granjas piscícolas de la región. Sin embargo, es necesario cualificar el desempeño en aspectos de indicadores zoométricos como crecimiento, factor de conversión alimenticia, calidad de músculo, tiempo requerido e impacto económico por uso de los alimentos artesanales en relación a balanceados comerciales.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Marco referencial

Contreras (2006), indica que para salmones en etapa de crecimiento, los ingredientes más usados en la formulación de alimento son, harina de pescado, aceite de pescado, harina de soya, gluten de trigo, trigo, subproductos de la molienda de trigo y maíz, premezcla de vitamina y sales minerales, ácido ascórbico, antioxidantes y cantaxantina o astaxantina.

Pokniak (1994), evaluó el efecto de dietas con 30, 35, 40 y 45% de proteína total con un aporte de energía digestible constante de 3.45 Mcal/kg, sobre la respuesta productiva y composición de la canal de trucha arcoíris (*O. mykiss*), las cuales fueron alimentadas desde los 80 a 280 g de peso vivo aproximadamente, durante 90 días. Se determinó que al final del ensayo el consumo de alimento, la eficiencia de conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico y el rendimiento de la canal fueron semejantes entre los tratamientos y la morfología hepática fue normal en todos los tratamientos incluso en aquellos que incluían una mayor parte de alimentos de origen vegetal en sus dietas. Por lo que se estima una ventaja económica al utilizar alimentos con un rango de 30-35% de proteína total, sin embargo, existió una tendencia en el sentido que un mayor aporte de proteína en la dieta, mejora el peso final, hasta el nivel de 40% declinándose el crecimiento según aumenta el contenido proteico en la dieta.

Isea (2008), evaluó la digestibilidad de la harina de lombriz *Eisenia andrei* en la alimentación de trucha arcoíris (*O. mykiss*), la cual mostraba un porcentaje de proteína digerible de 63.4%, en comparación con la torta de soya de 48.3%, por lo que concluyo que la harina de lombriz posee un alto porcentaje de digestibilidad proteica, por lo que puede ser utilizada para sustituir la harina de pescado en las dietas de salmónidos. Adicional a estas características, Rondón (2003), indica que la harina de lombriz se caracteriza por un contenido representativo de algunos aminoácidos esenciales, tales como: fenilalanina, leucina, lisina, isoleucina, metionina y valina.

Flores (1998), evaluó la factibilidad de la utilización de harina integral de soya, como ingrediente alternativo de dietas isocalóricas 3.5 Mcal/kg e isoproteicas 42% en trucha arcoíris (*O. mykiss*). Menciona que la utilización de harina integral de soya en un nivel de 20% en fases de crecimiento, reflejó resultados similares a la dieta control (sin harina integral de soya) en la alimentación de truchas. La adición de harina integral de soya, mejora los rendimientos económicos en los cultivos de trucha.

Contreras (2006), menciona que la harina de pescado posee ácidos grasos vitales para el pez, los cuales pueden ser complementarios con cualquier harina vegetal. Sin embargo cabe señalar que uno de los principales problemas al utilizar alimentos de origen vegetal es la fibra, ya que este producto incrementa la velocidad en el tracto intestinal, afectando la ganancia en peso de los organismos.

Contreras (2006), indica que los ingredientes más utilizados por la industria acuícola son el trigo, el gluten de trigo y harina de soya desgrasada y una tercera fuente constituida por el lupino una especie de leguminosa, se ha reportado que la calidad de esta es igual o superior a la soya, el contenido proteico para la harina descascarada es de un 38 a 52%, además presenta niveles bajos de elementos antinutricionales, como el ácido fítico, saponinas, lecitinas e inhibidores de la tripsina, presentes en la harina de soya.

Contreras (2006), concluye que el reemplazo parcial de harina de pescado por lupino y aceite de pescado por raps es posible, ya que existe evidencia explícita que la inclusión de estos insumos en la dieta, no afecta de manera negativa el crecimiento y rendimiento de los organismos. Menciona que el uso de fuentes vegetales en las dietas de salmónidos puede disminuir los costos de producción.

Morales (2004), menciona que con la alimentación ad-libitum, el comportamiento alimentario de los peces, resultó oscilante, de manera tal que las truchas se alimentaban en forma intermitente, un día consumían una elevada cantidad de alimento y al siguiente el consumo disminuía. Por lo que hipotetizó que el comportamiento alimentario oscilante está influenciado por la variación del apetito, ya que cuando consumían gran cantidad de alimento su tracto

digestivo se encontraba lleno para el día siguiente, lo cual inhibía los mecanismos fisiológicos involucrados con el apetito.

Morales (2004), indica que la ración diaria optima corresponde al 2.9% del peso corporal, con un crecimiento corporal del 2.6% sobre el peso. Los rangos de conversión alimenticia se mantienen cercano y no son estadísticamente significativos con la alimentación ad-libitum. Recomienda que según la temperatura se incremente hasta el rango optimo 14-16°C, las truchas sean alimentadas ad-libitum.

Perea (2011), indica que el uso de ensilajes es una tendencia mundial, diseñada para reducir costos, el ensilaje biológico de residuos de pescado permite el aprovechamiento de los subproductos del proceso de eviscerado y fileteado, los cuales anteriormente eran considerados como residuos de los procesos sin ningún provecho para la industria.

3.2 Marco conceptual

3.2.1. Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris

Phylum	<i>Chordata</i>
Sub phylu	<i>Vertebrata</i>
Superclase	<i>Pisces</i>
Clase	<i>Osteichthyes</i>
Subclase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Salmoniformes</i>
Familia	<i>Salmonidae</i>
Genero	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>mykiss</i>
Nombre científico	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre comun	<i>Trucha arcoíris</i>

Clasificación taxonómica (FAO, 2005).

3.2.2 Rasgos biológicos *Oncorhynchus mykiss*

FAO (2005), la describe como peces de cuerpos de forma alargada, fusiforme con 60-66 vertebras, 3-4 espinas dorsales, 10-12 rayos dorsales blandos, 3-4 espinas anales, 8-12 rayos anales blandos, 19 rayos caudales. Aleta adiposa presente, usualmente con borde negro. Sin tubérculos nupciales, ligero dimorfismo sexual en boca y color de los machos maduros sexualmente. Coloración azul a verde oliva sobre una banda rosada a lo largo de la línea lateral y plateada por debajo de ella. Lomo, costados, cabeza y aletas cubiertas con pequeños puntos negros. La coloración varía con el hábitat, tamaño y condición sexual. La ausencia de dientes hioideos es la característica distintiva para distinguirla de *Oncorhynchus clarki*.

3.2.3 Hábitat y biología

FAO (2005), menciona que la trucha arcoíris es un pez resistente y fácil de desovar, de crecimiento rápido, tolerante a una amplia gama de ambientes y manipulaciones; es capaz de ocupar muchos hábitats diferentes, que abarcan desde un ciclo de vida anádromo hasta habitar de manera permanente en lagos. Puede soportar amplias gamas de temperatura (0-27°C), pero el desove y crecimiento ocurre en un rango más estrecho (9-14°C) y la temperatura óptima para el cultivo de trucha arcoíris está por debajo de 21 °C.

FAO (2005), indica que la madurez sexual es influenciada por la temperatura y la disponibilidad de alimento, pero por lo general es de 3-4 años. Las hembras son capaces de producir 2000 huevos/kg de peso corporal, los huevos son de diámetro relativamente grandes (3-7 mm). La mayoría de los peces desova solo una vez, en primavera (enero-mayo), aunque alterando el fotoperiodo y la crianza selectiva ha logrado producir sepas que pueden madurar más temprano y desovar todo el año. La manipulación genética de los cromosomas sexuales del embrión produce hembras triploide estériles, asegurando que los individuos que escapen no puedan reproducirse.

3.2.4 Requerimientos nutricionales

Ministerio de la Producción (2010), en el informe de “Elaboración de Estudio de Mercado de la Trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno” indica que las dietas para trucha arcoíris deben cubrir los siguientes requerimientos

Proteínas: Los niveles más recomendables son de 35% a 48% el cual depende de la etapa de crecimiento alevín, juvenil, comercial y reproductores, cuando la proteína se suministra de manera insuficiente provoca crecimiento lento, letargo, flacidez y anemia.

Carbohidratos: Funciona como fuente de energía, es necesario mantener los carbohidratos digeribles cerca al 12%, ya que niveles excesivos causan acumulaciones patológicas de glucógeno hepático y finalmente la muerte.

Grasa: Es la principal fuente de energía, el uso de aceites principalmente los omega 3, el rango recomendable es de 7% al 12%.

Vitaminas: Entre las principales se encuentran: Vitamina A, D, E, K, tiamina, riboflavina, tioridoxina, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico, vitamina B12, ácido ascórbico. La deficiencia de estas puede producir trastornos como: poco crecimiento, destrucción de aletas y agallas, hemorragias de los riñones, hígado, intestinos y susceptibilidad a enfermedades.

Aminoácidos esenciales: Su consumo en las cantidades requeridas por la trucha favorecen su crecimiento, entre los de mayor importancia se encuentran: arginina, triptófano, metionina, histadina, isoleucina, leucina.

Minerales: Cumplen un papel de estructura en el organismo, principalmente en el sistema óseo. Además interviene en la regulación del metabolismo neuromuscular,

balance ácido-básico y forma parte de las enzimas, hormonas y vitaminas, (cobre, zinc, cobalto, manganeso, hierro, magnesio, yodo y selenio).

3.2.5 Alimento balanceado

García y Taboada (2012), mencionan que un alimento balanceado, es aquel cuya composición es conocida y se fabrica teniendo en cuenta criterios de equilibrio. Otro concepto, es la mezcla de alimentos naturales precocidos, que contienen todos los ingredientes nutricionales necesarios para cada especie animal, según raza, edad, peso corporal, estado fisiológico.

3.2.6 Alimento alternativo

García y Taboada, (2012), indica que un alimento alternativo es una opción económica en referente a situaciones de dificultad para obtener los alimentos comercialmente habituales para los animales. En su mayoría estos alimentos son subproductos de otras industrias o insumos locales.

3.2.7 Ingredientes

Sanz (2009), sugiere que estos pueden clasificarse en macro y micro ingredientes. Los macroingredientes son las fuentes de proteína, grasa y carbohidratos, comúnmente son de origen animal y subproductos de origen vegetal como la soja, maíz, trigo, etc. Los microingredientes son aditivos necesarios para completar el balanceo a nivel macro, entre estos se pueden mencionar las enzimas, vitaminas, minerales, hormonas entre otros.

3.2.8 Harina de pescado

Sanz (2009), menciona que la harina de pescado es considerada como la mejor materia prima del pienso para peces, debido a su equilibrio y contenido en nutrientes, digestibilidad, palatabilidad y su ventaja para el procesamiento de los piensos.

3.2.9 Manjúa

Boix (2008), indica que es un pez de la familia *Enghraulidae* que se pesca en las costas del Atlántico y se comercializa en el altiplano del país en presentación de seco salada, la más abundante en los mercados comunales es la que popularmente se conoce como “canche”, contiene un rico aporte proteico del 30% el cual puede variar en relación a la especie y el porcentaje de humedad, grasa en 4% adicionalmente contiene un bajo contenido en fibra y un aporte de 283 Kcal/100 gramos de materia seca.

3.2.10 Aceite de pescado

Sanz (2009), menciona que es la mejor fuente de ácidos grasos altamente insaturados de cadena larga, estos ácidos son esenciales no solo para peces, sino sobre todo para la salud humana, entre los que sobresale el omega-3.

3.2.11 Harina de carne

FEDNA (2014) establece que son buenas fuentes proteicas y de aminoácidos esenciales con una adecuada relación calidad/precio, la grasa que contiene es de buena calidad y presentan un contenido elevado de calcio, fósforo, selenio, hierro y vitamina B12.

3.2.12 Harina de maíz

El maíz es el grano de cereal de mayor valor energético, debido a su alto contenido en almidón y grasa, y su bajo nivel de fibra, en contraparte es deficitario en proteína, calcio, sodio, microminerales y vitaminas hidrosolubles.

3.2.13 Harina de trigo

FEDNA (2011), menciona que es un producto altamente palatable y de elevada disponibilidad en el mercado, uno de sus limitantes en el uso de alimentos es su alto contenido en fibra y almidón, poco contenido de proteína, pero permite ventajas para la formación de alimentos.

3.2.14 Guisantes

Sanz (2009), los describe como una fuente de proteína interesante 21%, una materia prima que aporta gran cantidad de almidón muy digerible y se caracteriza por una alta proporción de amilopectina que mejora la gelatinización de un pienso extruido. Adicionalmente se puede mencionar que presenta menor proporción de factores antinutricionales.

3.2.15 Habas

Sanz (2009), indica que la fracción proteica de las habas es de 25% PB, es rica en lisina y deficiente en aminoácidos azufrados y triptófano. Estas tienen un bajo contenido de grasas 1.5%, su contenido en minerales es generalmente bajo, especialmente en calcio, sodio, cloro y magnesio.

3.2.16 Aceite vegetales

Sanz (2009), menciona que entre los aceites más utilizados se encuentran la soja el cual es altamente disponible en el mercado mundial, pero presenta el nivel más alto de ácido linoleico 53% lo que limita su uso en piensos para peces. El aceite de palma crudo es uno de más bajo costo, pero tiene altos contenido de ácidos grasos saturados y limita su uso en la alimentación para peces. El aceite de girasol contiene altos niveles de ácido linoleico 62%, por lo que su valor energético es similar e incluso superior al aceite de soja.

3.2.17 Pigmentos

(Sanz, 2009), comenta que gran variedad de plantas y animales contienen pigmentos naturales que pueden colorear la carne, piel y huevos del pez en amarillo, naranja o rojo. Los carotenoides, son uno de los grupos más importantes de pigmentos naturales. El pez no puede sintetizarlo por lo que los pigmentos deben estar presentes en la dieta. En los salmónidos la astaxantina es la responsable del color naranja o rojo en la carne.

3.2.18 Factores antinutricionales

(Sanz, 2009), indica que los factores antinutricionales, provienen principalmente de las materias primas de origen vegetal, que inhiben el proceso de absorción de nutrientes, lo que puede repercutir en un lento crecimiento en peces. La toxicidad de estos compuestos puede desactivarse o destruirse por tratamiento térmico. Los factores antinutricionales más conocidos se incluyen los inhibidores de tripsina, ácido fítico, fitohemaglutininas, gossipol, ácido ciclopropenóico, glucosinolatos y saponinas.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Desarrollar y evaluar un alimento para engorde de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*, con insumos locales y elaborado de manera artesanal.

4.2 Objetivos específicos

- 4.2.1 Formular de manera proximal, un alimento artesanal para engorde de trucha arcoíris (*O. mykiss*) con insumos locales del municipio de San José Ojetenam, San Marcos.
- 4.2.2 Determinar el rendimiento en talla, peso, costo y Factor de Conversión Alimenticia (FCA), del alimento artesanal para engorde de trucha arcoíris *O. mykiss*.

5. HIPÓTESIS

El alimento artesanal genera diferentes resultados que el alimento comercial de tilapia 32% proteína, en cuanto al rendimiento en peso en el cultivo de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss*.

6. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación geográfica

El proceso experimental se realizó en el municipio de San José Ojetenam, San Marcos, en la unidad productiva El Prado, (latitud 15.22, longitud 91.98), el cual se encuentra a 3 km de la cabecera municipal, se escogió El Prado, debido a que es uno de los productores de mayor volumen en el municipio y en la región, además de poseer ciertas cualidades para el desarrollo de dicha investigación entre las que se mencionan: Flujo y calidad del agua, personal capacitado en el manejo de truchas, condiciones atmosféricas (Figura No. 1).

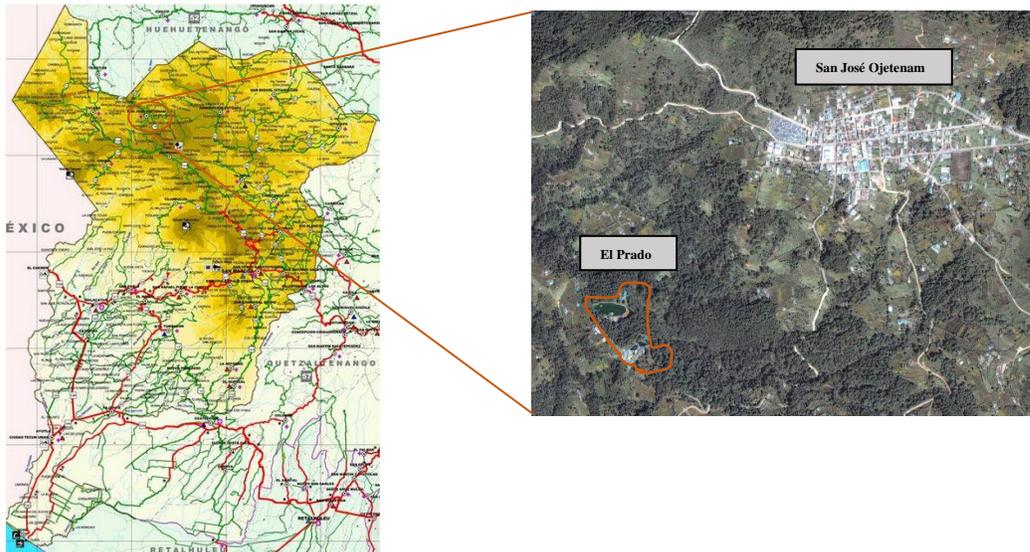


Figura No. 1. Vista aérea del municipio San José Ojetenam, San Marcos
(Google Maps, 2014)

6.2 Definición de variable

6.2.1 Variable independiente

- Alimento suministrado

6.2.2 Variable dependiente

- Crecimiento:

Talla	Crecimiento centímetros (cm).
Peso	Crecimiento gramos (g).

6.3 Elaboración de alimento

6.3.1 Selección de ingredientes

En base a los insumos o ingredientes disponibles en la zona, exceptuando el aceite de pescado, se realizó una selección de los ingredientes más adecuados para la elaboración de alimento esto dependió de la calidad y cantidad de proteína y grasas disponibles.

6.3.2 Formulación de alimento artesanal

Se realizó un balance del alimento artesanal, de manera proximal con 35-40% de proteína cruda. Esto se realizó con el programa Microsoft Excel 2013, utilizando la aplicación de *Solver*. En el balance de alimento se consideraron los costos de los insumos utilizados para la elaboración de dicho alimento.

6.3.3 Elaboración de alimento

Se realizaron pruebas de elaboración (Mezcla de los ingredientes y nivel de humedad) de alimento artesanal para engorde de trucha, para determinar la manera más eficiente de elaboración manual.

6.3.4 Prueba de palatabilidad

Se realizó una prueba de palatabilidad para determinar si el alimento artesanal era lo suficientemente atrayente para la trucha arcoíris.

6.3.5 Evaluación física del alimento

Hidroestabilidad: Se tomó una muestra de alimento y se colocó en un litro de agua durante 15 minutos, durante este período se evaluó el deterioro del alimento en el agua.

Tiempo de flotación: Se tomó una muestra del alimento, y se determinó el tiempo que puede mantenerse en flotación.

6.4 Prueba piloto

6.4.1 Estanques

Se utilizaron 2 estanques de concreto de 1.65 metros de ancho, por 1.70 metros de largo y una profundidad de 0.6 metros, con 30 peces con un peso promedio de 35 gramos, en cada uno.

6.4.2 Selección de organismos

Se realizó una selección de organismos de un estanque del área de engorde del Prado, los cuales cumplieron con condiciones de buena salud y uniformidad en peso (35 gramos), fueron seleccionados un total de 60 peces (30 en cada estanque), los cuales fueron transportados en recipientes plásticos hasta los estanques experimentales.

6.4.3 Ración de alimento

Se suministró alimento sobre el 3% de la biomasa total del estanque, distribuido en 2 porciones diarias.

6.4.4 Tratamientos

A los estanques se les suministro un alimento diferente (estanque 1 alimento artesanal y estanque 2 alimento comercial tilapia 32%) por un periodo de 45 días.

6.4.5 Controles y registros

En los monitoreos se verifico el pH y la temperatura, así como el registro de animales muertos en los estanques.

6.5 Evaluación de crecimiento

La evaluación se realizó en un periodo de 45 días, se realizaba un monitoreo cada diez días, sobre los organismos para determinar el comportamiento de estos sobre los alimentos suministrados.

6.5.1 Talla

La medición de la talla se realizó en centímetros, realizando una medida desde la cabeza hasta la aleta caudal, con una cinta métrica.

6.5.2 Peso

Se utilizó una balanza digital, para determinar el peso de los organismos en gramos. De esta manera se determinó el peso inicial, muestreo y final.

6.5.3 Factor de Conversión Alimenticia

Con el peso del alimento suministrado, se comparó contra el peso obtenido o ganado por los organismos de esta manera se determinó el FCA, para cada alimento suministrado.

$$\text{FCA} = \text{Alimento Consumido} / (\text{Peso inicial} - \text{peso final})$$

6.6 Tipo de diseño

Se utilizó un diseño completamente al azar, donde cada pez fue tomado como una unidad experimental.

6.6.1 Descripción del muestreo

Para los muestreos se utilizó el 50% de la población, por lo que solo se pesaron y midieron 15 peces por estanque.

6.6.2 Análisis de datos

Se realizó una prueba de hipótesis para diferencias entre medias, debido a que se utilizaron muestras y muestras grandes ($>$ de 30) se usó la distribución t student con un alfa del 5%, la cual consiste en utilizar las medias de dos muestras de poblaciones para determinar si es razonable o no concluir que las dos son distintas entre sí.

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Elaboración de alimento

7.1.1 Selección de ingredientes

En base a sondeos en el mercado comunal de San José Ojetenam y otros municipios como Sibinal, Ixchiguan y Tacaná, San Marcos, se realizó una selección de ingredientes para el desarrollo del alimento artesanal, también se consideró las producciones agrícolas de los productores de trucha.

7.1.2 Ingredientes vegetales

Entre la diversidad de insumos vegetales que ofrecían los mercados se seleccionaron insumos vegetales utilizados en la industria acuícola como el maíz y el trigo, por su alta disponibilidad y fácil manejo para la elaboración de alimento, entre otros de los insumos seleccionados se menciona las habas y guisantes por su alto contenido proteico, todos estos insumos presentan una gran disponibilidad y fácil acceso en los mercados; las habas y el maíz son unos de los insumos vegetales de mayor producción agrícola entre los productores de trucha (Figura No. 2).



Figura No. 2. Habas en fresco en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos
(Trabajo de campo, 2014)

7.1.3 Insumos cárnicos

Los insumos cárnicos seleccionados para la elaboración de alimento de trucha son el hígado de pollo, harina de pollo, harina de carne, harina de pescado, manjúa seca y harina de lombriz, la mayoría de insumos cárnicos se encuentran en los mercados de la región y la harina de lombriz puede ser elaborada a partir de sistemas de lombricompost implementados por los productores agrícolas para el desarrollo de abono natural.

Los insumos cárnicos fueron comprados en fresco y se deshidrataron, a excepción de la manjúa que se obtuvo deshidratada, posteriormente se realizaba una molienda para la elaboración de harinas (Figura No. 3).



Figura No. 3. Insumos cárnicos, hígado de pollo y manjúa en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos (Trabajo de campo, 2014)

7.1.4 Formulación y balanceo de alimento

Se realizó un balance de alimento de forma proximal en base a las propiedades de los insumos seleccionados para la elaboración del alimento, se determinó un alimento con características idóneas para el engorde de trucha (Anexo No. 1), el balanceo básico de los insumos se observa en la Tabla No. 1.

Tabla No. 1. Balance de alimento

Insumo	Porcentaje	Proteína 38%	Kcal (3500)	Carbohidratos 12%	Grasa 10%	Fibra <6%
Manjúa	0.07	2.31	180.46	1.54	0.294	0
Harina de pescado	0.23	13.57	874	5.06	1.656	0.23
Hígado de pollo	0.17	4.25	231.2	0.204	0.799	0
Haba seca	0.14	3.36	429.8	4.62	0.1162	1.218
Guisantes secos	0.048	0.9888	144.96	1.968	0.0672	0.288
Maíz	0.071	0.5325	246.13996	0.568	0.23004	0.1633
Harina trigo	0.09	0.918	306.9	6.66	0.1008	0.234
Harina de pollo	0.1	6	330	2.2	1.5	0
Harina de Carne	0.05	2.25	240	0.7	0.75	0.05
Harina Lombriz	0.0035	0.2485	0.0742	0.0595	0.02485	0.007
Aceite vegetal	0.055		440	0	0	0
TOTAL	1.03	34.43	3423.53	23.58	5.54	2.19

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

Se realizó una evaluación bromatológica, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC- (Anexo No. 3), en la cual se determinó que el alimento presentaba 36.42% de proteína bruta y un porcentaje de fibra de 0.97% ideal para el engorde de las truchas a diferencia de lo estimado en hoja de cálculo.

7.1.5 Elaboración del alimento

Al obtener las harinas de los insumos cárnicos y vegetales, se procedió a elaborar una mezcla a la cual se añadió aceite vegetal para completar la energía requerida por los peces y polvo para hornear, el cual agregaba espacios de aire dentro del alimento para el efecto de flotabilidad; realizada la mezcla se procedía a un horneado por un periodo 1 a 1.5 horas, a una temperatura de 65°C, se verificaba continuamente hasta alcanzar un tostado en la galleta y de esta forma garantizar la durabilidad del alimento (Figura No. 4).



Figura No. 4. Mezcla de insumos para elaboración de alimento
(Trabajo de campo, 2014)

Se realizó una tipo de galleta para el alimento de los peces, el cual presento características de hidroestabilidad y flotabilidad (Figura No. 5).



Figura No. 5. Galleta elaborada con los insumos disponibles en la región
(Trabajo de campo, 2014)

7.2 Evaluación física del alimento

7.2.1 Prueba de palatabilidad

En diversas visitas en granjas piscícolas del municipio de San José Ojetenam, se brindó alimento artesanal a peces de cultivo, en fases de crecimiento, engorde y reproducción. Este alimento fue arrojado en un extremo del estanque, el cual era ingerido por los peces de forma inmediata, sin expulsión del alimento ingerido.

7.2.2 Hidroestabilidad del alimento

Se tomaron 100 gramos de alimento y colocados en un litro de agua, durante un tiempo mayor a 5 minutos, se observó que el alimento conservó sus características físicas, en relación a forma.

7.2.3 Tiempo de flotación

El proceso efectivo para analizar la flotabilidad de los alimento es por un periodo de cinco minutos, contando el número de partículas en una porción conocida de agua. (Vargas, 2003); En base a esta recomendación se tomaron 100 gramos de alimento y colocados en un litro de agua, después de cinco minutos se determinó que el alimento mantenía su flotabilidad, suficiente tiempo para ser ingerido por los peces.

7.2.4 Duración del alimento

El alimento conservado en un lugar fresco, seco y alejado de la luz directa, podía utilizarse hasta por 30 días después de envasado, conservando sus características de flotación e hidroestabilidad. El alimento era observado cada 10 días y se realizaba una prueba organoléptica en relación al olor, sabor, textura y color, el cual no presentaba variación en el transcurso del tiempo mencionado.

7.3 Evaluación del rendimiento del alimento en fase de engorde

Se suministró el alimento artesanal durante 45 días, sin inclusión ni participación del alimento comercial debido a la rápida aceptación por los peces, se brindó el alimento en 2 raciones diarias para acoplarlo a la alimentación de la granja, las raciones de alimento fueron calculadas al 3% de la biomas del estanque.

Para el control del crecimiento se evaluaron los peces cada 10 días y se ajustó la ración de alimento diaria. Como se observa en la figura No. 6, desde que inicio la administración de alimento artesanal a un grupo de peces mostro diferencias en incremento de peso superando a los que eran alimentados con alimento comercial de tilapia 32% (Figura No. 6).

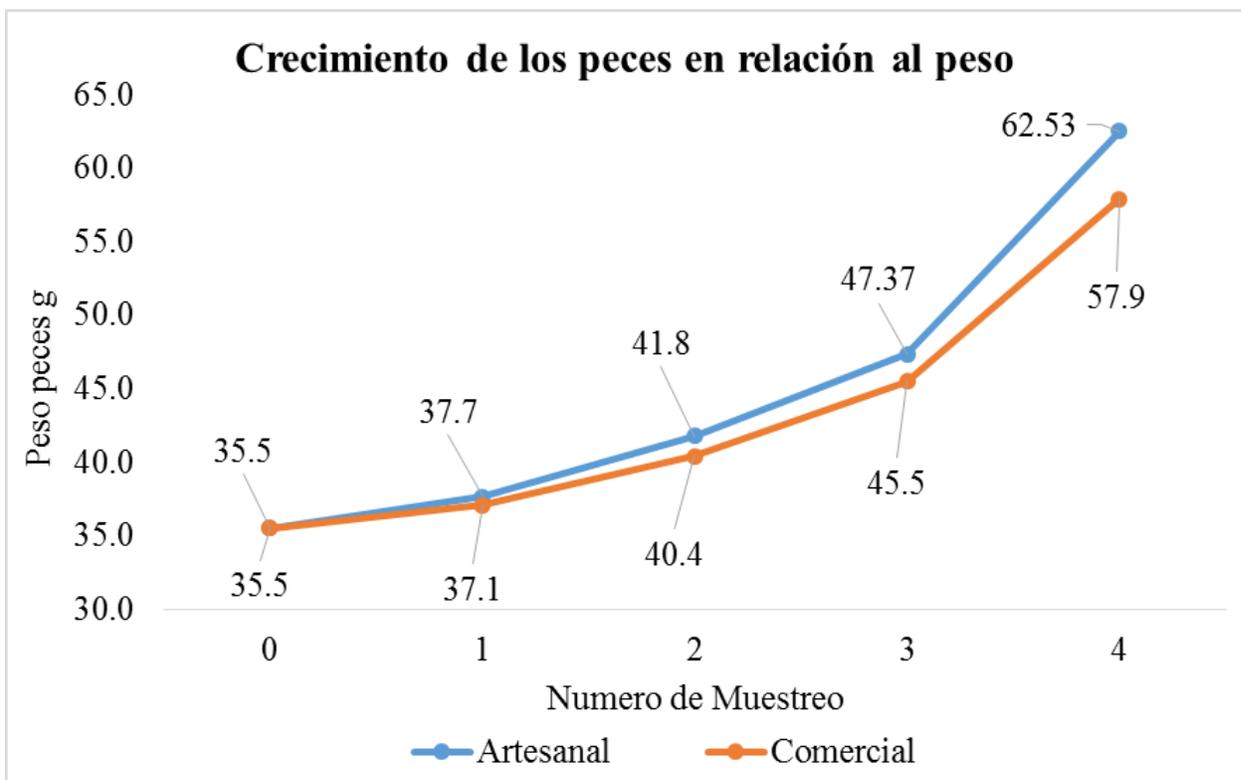


Figura No. 6. Crecimiento de los peces en relación al peso
(Trabajo de campo, 2014)

En relación al crecimiento en talla de los organismos, éste mostró tendencias similares entre tratamientos, ya que los peces pueden continuar con su crecimiento longitudinal, aunque el

incremento de carne o peso se vea afectado por la cantidad de alimento o el porcentaje de proteína incluida en la dieta (Figura No. 7).

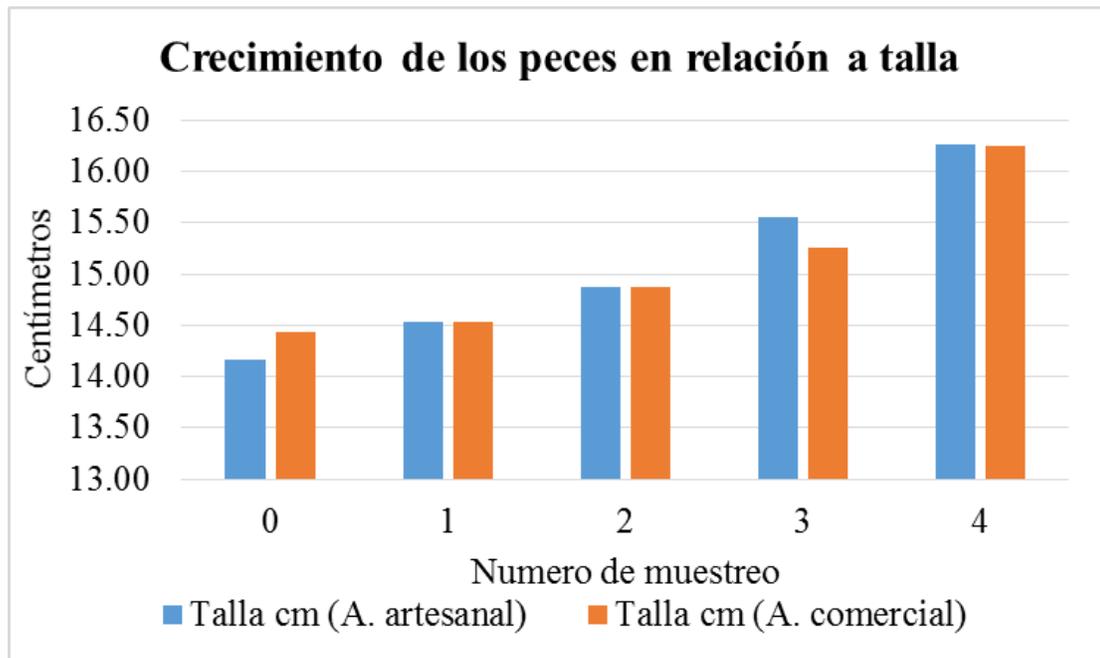


Figura No. 7. Crecimiento de los peces en relaciona a talla
(Trabajo de campo, 2014)

Los pesos finales fueron analizados en *infoStat2007* versión estudiantil para realizar una prueba de diferencia de medias (Anexo 4) entre los pesos obtenidos, mostrando un p-valor de 0.0494 y también se realizó una comprobación en Microsoft Excel 2013, con una prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales, generando un p-valor de 0.0493 por lo que se acepta la hipótesis, demostrando que el alimento artesanal muestra una diferencia significativa contra el alimento comercial de tilapia (Figura No. 8).

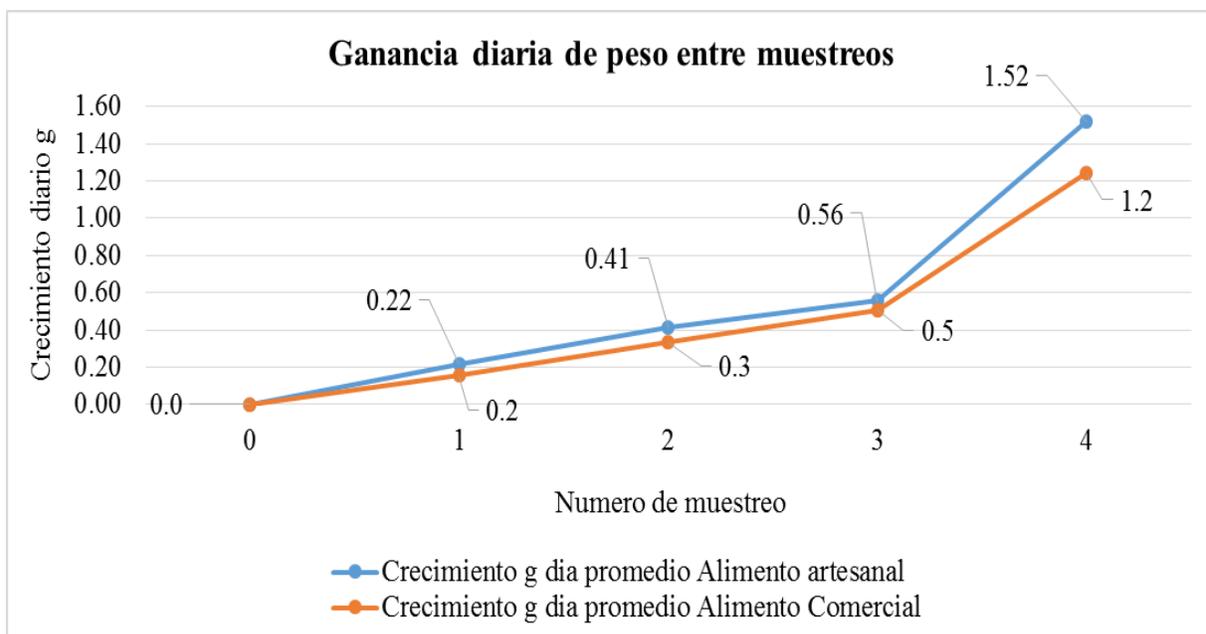


Figura No. 8. Ganancia diaria de peso entre muestreos (Trabajo de campo, 2014)

Se estimó la tasa de crecimiento en peso promedio, durante cada muestreo, mostrando poca diferencia al inicio del experimento, pero conforme se prolongó el periodo, se incrementó la diferencia entre tratamientos evaluados. Por lo que al interpolar el valor obtenido es posible proyectar que utilizando alimento artesanal con el último promedio de crecimiento, con el artesanal se espera obtener truchas con pesos de 250 gramos en un periodo de 164 días (5.5 meses); mientras que con el alimento comercial de tilapia, se estima que el periodo de cultivo es de 208 días (6.9 meses).

Por lo que el alimento artesanal incluso puede disminuir el periodo de cultivo en 44 días, en relación al alimento comercial de tilapia. Al disminuir los periodos de cultivo se reducen costos de mano de obra, alimentación y cuidados de los peces.

Se determinó que el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) para el alimento artesanal fue de 1.8:1, lo que indica que se necesitó 1.8 gramos de alimento para convertirlo a 1 gramo de peso vivo de pez y el FCA para el alimento comercial de tilapia es 2.12:1 indicando que se necesitó 2.12 gramos de alimento comercial de tilapia para convertir a 1 gramo de peso, por lo

que se demuestra que el alimento artesanal brinda ventajas al disminuir el FCA en los cultivos de trucha, en comparación al alimento comercial de tilapia 32% proteína (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Cálculo de FCA y biomasa de los tratamientos del alimento

Alimento Artesanal	Alimento suministrado g	Biomasa inicial g	Biomasa Final g	Ganancia en peso g	FCA
	1461.02	1065	1876	811.00	1.80
Alimento comercial	Alimento suministrado g	Biomasa inicial g	Biomasa Final g	Ganancia en peso g	FCA
	1426.31	1065	1737	672	2.12
Diferencia en peso g de biomasa final entre tratamiento					139

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

En comparación de biomasa se determinó que el estanque al que se le suministro alimento artesanal fue de 1876 gramos, mientras que al estanque que se le suministro alimento comercial de tilapia 32% mostró una biomasa de 1737 gramos, por lo que se mostró una diferencia de biomasa acumulada en estanques de 139 gramos de esta forma también se confirma la ventaja del uso del alimento artesanal para trucha.

Como se observa en la tabla No. 3, el costo del alimento por libra ascendió a Q 10.16, debido a que los insumos para su elaboración fueron adquiridos al menudeo lo cual afecta el costo final del alimento. Relacionando el FCA y el costo del alimento, el costo de producir una libra de trucha con alimento artesanal es de Q 18.29, mientras el costo de producción con el alimento comercial de tilapia es de Q 6.75; aunque resaltando que en períodos de mayor exposición de los peces al alimento artesanal puede acortar el tiempo de alcanzar el peso de mercado (Tabla No. 2).

Tabla No. 2. Estimación del costo del alimento artesanal, en base a los precios manejados en el mercado de San José Ojetenam, San Marcos

Insumo	Costo por kilo	Porcentaje Inclusion	Costo final por
Manjúa	Q 26.43	7.00%	Q 1.85
Harina de pescado	Q 26.43	23.00%	Q 6.08
Hígado de pollo	Q 13.22	17.00%	Q 2.25
Haba seca	Q 13.22	14.00%	Q 1.85
Guisantes secos	Q 13.22	4.80%	Q 0.63
Maíz	Q 3.52	7.10%	Q 0.25
Harina trigo	Q 6.61	9.00%	Q 0.59
Harina de pollo	Q 19.82	10.00%	Q 1.98
Harina de Carne	Q 116.74	5.00%	Q 5.84
Harina Lombriz	Q 112.00	0.35%	Q 0.39
Aceite vegetal	Q 12.00	5.50%	Q 0.66
	Costo por kilo		Q 22.38
	Costo por Libra		Q 10.16

Fuente: Trabajo de campo, 2014.

7.4 Discusión de resultados.

Los resultados positivos de la utilización del alimento artesanal para el engorde de trucha, como lo mencionan, Spitze, Wong, Rogers, y Fascetti, (2003), pueden ser por el contenido de insumos cárnicos dentro del alimento, estos insumos contienen concentraciones de taurina un ácido sulfónico aminado, el cual se encuentra presente en el tejido muscular principalmente en el hígado de las industrias cárnicas (bovina, porcina y avícola), el cual puede oscilar entre 500 a 2000 mg/Kg en base seca.

Como lo indican Panaroma Acuícola, (2012) y Bohle (2013), en estudios recientes la utilización de taurina en dietas de peces permite la digestión de proteína de origen vegetal y la digestión y absorción de grasas ideal para piscicultura marina y truchicultura, la cual se ve afectada por los altos costos de los insumos para la elaboración de alimentos.

La mayoría de factores antinutricionales se eliminan con tratamiento térmico o exponiendo el producto al sol. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2013); Por lo que el proceso de horneado y la deshidratación a través del sol, colaboraron con la reducción de factores antinutricionales presente en los insumos vegetales y la conservación de la taurina de los insumos cárnicos, por lo que el alimento conserva cualidades digestibles ideales para la alimentación de la trucha arcoíris.

El alimento elaborado de forma artesanal cumplía con cualidades ideales para el proceso de crecimiento y engorde de trucha arcoíris, por la composición del alimento en su relación de insumos cárnicos y vegetales, el proceso de manufactura, en la obtención de harinas y el proceso de elaboración de alimento para peces.

8. CONCLUSIONES

1. Se acepta la hipótesis alterna determinando que el alimento artesanal para engorde de trucha, muestra una diferencia significativa en comparación con el alimento comercial de tilapia 32% proteína, ($P = 0.0494$).
2. En base al análisis bromatológico y al balance proximal de ingredientes se logró la elaboración de un alimento con 36.42% de proteína bruta, fibra inferior al 6% y una energía de 3513 Kcal, alcanzando los requerimientos necesarios para el engorde de trucha arcoíris *O. mykiss*.
3. Se determinó que el Factor de Conversión Alimenticia (FCA) para el alimento artesanal para engorde de trucha fue de 1.8:1 y para el alimento comercial de tilapia 32% es de 2.11:1.
4. Se determinó, en comparación de rendimiento de biomasa en los estanques, que el alimento artesanal presentó ventaja de 139 g en comparación con el tratamiento de alimento comercial de tilapia.
5. El costo del alimento fue influenciado por el precio de materias primas para su elaboración, alcanzando un costo final de Q 10.16 por cada libra de alimento elaborada.
6. Se determinó que el periodo de cultivo con el uso de alimento artesanal es de 164 días y con el alimento comercial de tilapia es de 208, brindando una ventaja de 44 días en el proceso de engorde.

9. RECOMENDACIONES

1. Extender el periodo de evaluación de alimento a 6 meses para determinar una mayor diferencia en el uso de alimento artesanal.
2. El proyecto de alimentos artesanales para la acuicultura debe ser socializado en conjunto con las comunidades para incrementar los beneficios económicos.
3. Incrementar el número de réplicas para la evaluación de alimentos.
4. Evaluar el rendimiento del alimento artesanal en proporciones con el alimento comercial de tilapia 32%.
5. Evaluar las cualidades o ventajas que brinda un alimento artesanal en los cultivos de trucha arcoíris, tales como calidad de la carne y salud de los organismos.
6. Evaluar la inclusión de ensilajes para el engorde de trucha arcoíris.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Bohle, C. (2013). *Taurina y harinas vegetales como dieta de salmónidos* [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de http://www.salmonexpert.cl/index.php?article_id=97602
2. Boix, J. L. (2008). *La pesquería de la Manjúa en el Caribe de Guatemala, impactos biológicos y socioeconómicos para las poblaciones pesqueras y de consumo en el Altiplano de Guatemala*. Guatemala: Proyecto FODECYT No. 100-2006.
3. Contreras, M. P. (2006). *Factibilidad técnico-económica de elaborar concentrados para la alimentación de salmones en base a ingredientes vegetales* [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fac746f/doc/fac746f.pdf>
4. Flores, F. (1998). *Utilización de la harina integral de soya como aporte protéico y energético en la alimentación de trucha acoríris (*Oncorhynchus mykiss*)*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
5. Food and Agriculture Organization [FAO]. (1997). *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Roma: Autor.
6. FAO. (2005). *Programa de información de especies acuáticas: *Oncorhynchus mykiss** [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss/es
7. FAO. (2013). *Limitados, nutrición y alientación para la acuicultura de recursos*. Argentina: Autor.
8. *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal* [FEDNA]. (2011). *Harinillas de trigo (30% almidón)* [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harinillas-de-trigo-30-almid%C3%B3n-actualizado-nov-2011
9. FEDNA. (2014). *Harina de carne* [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-carne-501426
10. Garcia, A., y Taboada, W. (2012). *Producción de alimento balanceado alternativo, para peces a base de subproductos de origen vegetal y animal, en el centro experimental de investigaciones y prácticas agropecuarias (C.E.I.P.A)* [en línea]. Recuperado enero 10, 2015, de <http://www.iutllanos.tec.ve/ova/content/pdf/instituto%>

20universitario%20de%20tecnologia%20dr%20delfin%20mendoza/PROYECTO%20DE%20ALIMENTO%20BALANCEADO%20ALTERNATIVO.pdf

11. Isea, F. (2008). *Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (Eisenia andrei) en la alimentación de trucha arco iris (Onchorinchus mykiss)*. Venezuela: Programa Doctoral en Ciencias Aplicadas.
12. Ministerio de la Producción. (2010). *Elaboración de estudio de mercado de trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno*. Lima: MAXIMIXE.
13. Morales, G. (2004). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación*. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
14. Otárola, Á. (2013). *Diagnóstico de la actividad truchícola en los municipios de Sibinal, Tacaná y San José Ojetenam*. San Marcos, Guatemala: FAO.
15. Panaroma Acuícola. (2012). *Taurina es clave en dietas en base a vegetales para peces marinos* *Panorama Acuicola Magazine* [en línea]. Recuperado septiembre 01, 2015, de http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2012/08/23/taurina_es_clave_en_dietas_en_base_a_vegetales_para_peces_marinos.html
16. Perea, C. (2011). *Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (Oreochromis spp)*. Cauca: Universidad de Cauca, Popayán.
17. Pokniak R., J. (1994). *Dietas de engorda con diferentes niveles de proteína para trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. Chile: Facultad de Ciencia Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Chile .
18. Rondón , V. (2003). *Valor nutritivo de la harina de lombriz (Eisenia foetida) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA)*. Colombia: Universidad de Los Andes.
19. Sanz, F. (2009). *La nutrición y alimentación en piscicultura*. Madrid: Publicaciones Científicas y Tecnológicas de la Fundación Observatorio Español de Acuicultura.
20. Spitze, A. R., Wong, D. L., Rogers, Q. R., y Fascetti, A. J. (2003). *Taurine concentrations in animal feed ingredients; cooking influences taurine content*. United States: University of California; Departament of Molecular Biosciencies.

21. Vargas, R. (2003). *Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de alimentos piscícolas*. Universidad de Costa Rica.
22. Wayne, D. (2009). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. (4^a ed.). México: Limusa Wiley.

11. ANEXO

Insumo	Porcentaje	Proteína 38%	Kcal (3500)	Carbohidratos 12%	Grasa 10%	Fibra <6%	Lisina 2%	Metionina 1.6%	Arginina 1.7%	Isoleucina 1%	Leucina 1.76%	Valina 1.2%	Fenilalanina 1.2%	Treonina 1.36%	Calcio 1%	Fosforo 0.8%	Sodio 0.6%
Mañita	0.07	2.31	180.46	1.54	0.294	0	0.28	0.07	0.21	0.14	0.14	0.14	0.35	0.14	0.371	0.21	0.0588
Harina de pescado	0.23	13.57	874	5.06	1.656	0.23	0.9568	0.3404	0.8211	0.5566	0.897	0.644	1.173	0.5566	1.219	0.69	0.1932
Hígado de pollo	0.17	4.25	231.2	0.204	0.799	0	0.289	0.085	0.204	0.221	0.34	0.221	0.17	0.17	0.0306	0.0408	0.119
Haba seca	0.14	3.36	429.8	4.62	0.1162	1.218	0.21	0.0238	0.3052	0.1372	0.266	0.154	0.14	0.1162	0.014	0.084	0.0014
Guisantes secos	0.048	0.9888	144.96	1.968	0.0672	0.288	0.07656	0.0096	0.084	0.0408	0.096	0.04656	0.0576	0.03744	0.00336	0.0144	0.00096
Maíz	0.071	0.5325	246.13996	0.568	0.23004	0.1633	0.0142	0.01136	0.02414	0.01846	0.071	0.02556	0.0213	0.01917	0.00071	0.00284	0.00497
Harina trigo	0.09	0.918	306.9	6.66	0.1008	0.234	0.0261	0.0444	0.0414	0.0324	0.063	0.0396	0.036	0.0261	0.00153	0	0.00018
Harina de pollo	0.1	6	330	2.2	1.5	0	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0.07
Harina de Carne	0.05	2.25	240	0.7	0.75	0.05	0.375	0.1925	0.035	0.122	0.065	0.17	0.072	0.072	0.111	0.05	0.079
Harina Lombriz	0.0035	0.2485	0.0742	0.0595	0.02485	0.007	0.01085	0.02646	0.000231	0.000175	0.000455	0.000175	0.01015	0.0112	0.007385	0.0035	0.0035
Acete vegetal	0.055	0	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1	34.43	3423.53	23.58	5.54	2.19	2.43251	0.87352	1.925071	1.368635	2.108455	1.640895	2.13005	1.24871	1.758585	1.09554	0.53101

Anexo No. 1. Balanceo de alimento para engorde de trucha (Trabajo de campo, 2015)

Fecha muestreo	Peso promedio A. artesanal	Biomasa artesanal	A. A. comercial	Peso promedio A. comercial	Biomasa comercial	A. Diferencia de crecimiento
22.08.14	35.5	1065.0		35.5	1065.0	0.0
01.09.14	37.7	1130.0		37.1	1112.0	0.6
11.09.14	41.8	1254.0		40.4	1212.4	1.4
22.09.14	47.37	1421.1		45.5	1365.0	1.9
06.10.14	62.53	1876.0		57.9	1737.0	4.6

Anexo No. 2. Tabla de resultados en biomasa y peso promedios en gramos de los estanques (Trabajo de campo, 2014)

FORMULARIO BROMATO 7
INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

DIUMIT
ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad U...
Ciudad de Guatemala
Telefax: 24188307 Teléfono :
E-mail: bromato2000@yahoo.com

Solicitado por: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMEN. Y GANADERIA. Dirección: CIUDAD, GUATEMALA. No. 254

Fecha de recibida la muestra: 19-05-2014. Fecha de realización: DEL 26 AL 30-05-2014.

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Agua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lignina %	Dig. Pepsina %	Dig. K.O.H. %	T.N.D. %	E.D. Cal/kg
329	ALIMENTO PARA TRUCHA	SECA	8.21	91.79	12.76	1.06	39.68	13.37	33.13	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	COMO ALIMENTO	---	---	---	11.72	0.97	36.42	12.27	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	SECA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
		COMO ALIMENTO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

OBSERVACIONES: Dichos resultados fueron calculados en base a materia seca total y fresca. Se prohíbe la producción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al teléfono 24188307.

TOTAL DE MUESTRAS REPORTADAS EN ESTA HOJA: 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
Escuela de Zootecnia
Unidad de Alimentación Animal

T. L. Hans A. Moya R.
Laboratorista

E.C. María Elena Rodríguez
Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados 2014/254
30/05/14

Anexo No. 3. Prueba bromatológica en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (Trabajo de campo, 2014)

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>
Media	62.5333333	57.9
Varianza	78.3264368	81.4724138
Observaciones	30	30
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	2.00755451	
P(T<=t) una cola	0.02467866	
Valor crítico de t (una cola)	1.67155276	
P(T<=t) dos colas	0.0494	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00171748	

Anexo No. 4. Prueba estadística para comprobación de hipótesis (Trabajo de campo, 2014)