



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

“Efecto de dietas con contenido de proteína y lípidos de origen vegetal en respuestas fisiológicas de crías de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) obtenidas de una granja comercial”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

JESSICA SARAHÍ VERDÍN FLORES

DIRECTOR DE TESIS: DR. LUIS HÉCTOR HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



Tlalnepantla de Baz Edo. de México

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo del programa PAPIIT IN213115 de la Universidad Nacional Autónoma de México

AGRADECIMIENTOS

A la universidad que me brindó los medios para mi aprendizaje, así como retos y oportunidades.

A los profesores Dr. Héctor Hernández Hernández, al M. en C. Mario Fernández Araiza y al Prof. Omar Angeles que asesoraron mi camino y este último trabajo.

A mi madre que me ha apoyado en la mayoría de mis decisiones y quien se ha esforzado tanto por sacarme adelante y darme el mejor regalo que es la educación.

A Rodolfo y Karla quienes me han acompañado en tantos años de amistad y espero sean muchos más.

A mis compañeros y amigos con quienes he compartido muchos momentos buenos y malos y estuvimos juntos esta travesía llena de locura y frustraciones, desde el principio con Gabriel, Elena, Willy y Eder. Cuando no sabía a que dedicarme y los conocí Luis, Herctor, Edwin; con quienes pase mi última etapa y la más difícil Lorena, Lupe, Aguillón, dan y a ti Leonardo que estuvimos en esto hasta el final con quien aprendí muchas cosas y aprendimos muchas más. Cuando no sabía qué hacer de mi vida y me apoyaron Carmen, Mayra, Mayri y Alejandra, hasta los últimos meses donde te conocí Jaciel, y muchísimos amigos y compañeros más con quienes tengo hermosos recuerdos.

1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
3.	ANTECEDENTES	4
4.	OBJETIVOS	6
	General	6
	Particulares	6
5.	MATERIALES Y METODOS	7
	Formulación y elaboración de las dietas	7
	Prueba de alimentación	9
	Parámetros de crecimiento y sobrevivencia	10
	Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente	11
	Cuantificación del consumo de oxígeno, excreción de fósforo y nitrógeno	11
	Composición proximal	12
	Análisis estadístico	12
6.	RESULTADOS	13
	Parámetros de crecimiento y sobrevivencia	13
	Coeficiente de digestibilidad aparente	17
	Cuantificación de consumo de oxígeno, excreción de fosforo y nitrógeno	18
	Composición proximal	20
7.	DISCUSIÓN	22
8.	CONCLUSIONES	28
9.	REFERENCIAS	29
10.	ANEXOS	36

ANEXO 1 Descripción de la especie	36
ANEXO 2 Determinación de fosforo	37
ANEXO 3 Determinación de Nitrógeno amoniacal	38
ANEXO 4 Contenido de Humedad	39
ANEXO 5 Contenido de cenizas	40
ANEXO 6 Lípidos Totales	41

1. RESUMEN

El crecimiento de la acuicultura a nivel mundial ha repercutido en el aumento en la demanda de harina y aceites de pescado por lo que se han tomado medidas para disminuir los impactos generados por la utilización de materia prima de origen animal utilizando ingredientes de origen vegetal. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de dietas con diferentes concentraciones de aislado de proteína de Soya sobre algunas respuestas fisiológicas de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Se formularon dos dietas experimentales con dos niveles de sustitución de harina de pescado por aislado de proteína de soya (S75 y S90) y como dieta control se utilizó una dieta comercial con contenido 100% harina de pescado. Aunque no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en los parámetros de crecimiento, se puede observar que la dieta S75 obtuvo mejores resultados en la ganancia en peso y la tasa de crecimiento específico. La tasa de conversión del alimento fue mayor en la dieta S75 que la dieta comercial. La digestibilidad de la proteína fue mayor con un 90% en ambas dietas experimentales. El consumo de oxígeno, excreción de fósforo y nitrógeno no se vio afectada por las dietas. La composición proximal de músculo no mostro diferencias significativas, aunque el contenido de lípidos del hígado se vio afectado por las dietas experimentales siendo mayor con la dieta S75.

2. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productor de alimentos de más rápido crecimiento a nivel mundial, el cual ha aumentado su impacto social y económico desempeñando un papel importante en la alimentación, la contribución de oportunidades económicas de países en desarrollo y generación de empleos (FAO, 2011). En el 2012 la producción pesquera mundial total fue de 158 millones de toneladas, de las cuales 66.6 millones de toneladas son provenientes del cultivo de organismos acuáticos (FAO, 2014).

El rápido crecimiento de la acuicultura a nivel mundial ha tenido repercusiones ambientales y económicas, ya que por una parte, provocó un aumento en la demanda de harina y aceites de pescado, ingredientes utilizados en las dietas balanceadas como fuente de proteína y grasa para las especies en cultivo (Hardy, 2010). Si la demanda sigue en aumento la competencia por estos recursos se intensificará, teniendo consecuencias tanto en precio como en disponibilidad. Además de que esta actividad, como la mayoría de los sistemas de producción de alimentos, tiene repercusiones negativas sobre el ambiente por los desechos de heces y compuestos nitrogenados originados a través de la orina, alimento no consumido, etc. que al ser descargados en causas naturales puede producir eutrofización, florecimientos de microalgas nocivas, mortalidad de peces, envenenamiento de invertebrados y pérdida de vegetación sumergida en estos sistemas (Luchini, 2011, Vela, *et al.* 2007).

Por esto se han tomado medidas para disminuir los impactos generados por la utilización de materia prima de origen animal, así como su repercusión en el ambiente, por lo cual se ha trabajado en la formulación de dietas con ingredientes alternativos de origen vegetal que disminuyan la necesidad de aceites y harina de pescado los cuales minimicen los efectos sobre el medio ambiente e incorporando un alto contenido de nutrientes y bajo en residuos, manteniendo condiciones estables de salud en los cultivos (Luchini, 2011; Álvarez-Torres, *et al.*, 1999).

En México, la sobreexplotación pesquera y el aumento en el consumo de productos de origen acuático, han ocasionado que la acuicultura sea una alternativa para ampliar y contribuir a la oferta alimentaria, creando fuentes de empleo, así como el desarrollo regional productivo (García-Mondragón, 2013).

El cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es un ejemplo del crecimiento y desarrollo de la acuicultura en México, su producción a nivel mundial se estimó en el año 2010 con 662 mil toneladas representando ello un crecimiento de tasa anual de 3.63% sobre la acuicultura de esta especie (Mendoza, D. 2011). En México la producción de trucha en el 2015 se produjeron 19 mil 118 toneladas, lo que representa un crecimiento del 22 por ciento anual con respecto a la producción del 2014. Particularmente en el Estado de México la producción anual en el 2014 fue de 4794 toneladas contribuyendo con el 31,69% de la producción nacional (SAGARPA 2016).

3. ANTECEDENTES

Dentro de los ingredientes más importantes de origen vegetal que son utilizados en dietas para especies cultivadas se encuentra la harina de soya, considerada la mejor fuente nutricional en función del contenido de proteínas y aminoácidos esenciales que posee (González, *et al.* 2014).

Cruz, *et al.* (2011) reportan que una sustitución del 75% con harina de soya en dietas para juveniles de *Oncorhynchus mykiss* si bien no influye significativamente en su crecimiento, si lo hace en los niveles de excreción de nitrógeno y fosforo que fueron menores a los observados con una dieta con harina de pescado.

Hernández, *et al.* (2012) encontraron que la sustitución de 75% harina de soya y 25% *Spirulina* produjo los mejores resultados de crecimiento entre las dietas experimentales en *Oncorhynchus mykiss*, así como un menor consumo de oxígeno y menor excreción de fosfatos de los organismos que la dieta control.

Ustaoglu, S., y Rennert, B. (2006) trabajaron con *Acipenser ruthenus* en el remplazo parcial de harina de pescado con aislado de proteína de soya en una mayor digestibilidad de la proteína en la dieta con contenido de 50% harina de pescado y 50% aislado de proteína de soya.

Aguillón, (2012) reportó en dietas con sustituciones de harina de pescado por aislado de proteína de soya y polvo de *Spirulina* en *Oreochromis sp.* la disminución de la concentración de fosforo en agua y en heces así como niveles similares de excreción de fosfatos, amoniaco, consumo de oxígeno y crecimiento, en los organismos alimentados con las dietas experimentales que el alimento con harina de pescado.

Wijekoon, *et al.* (2014) encontraron en la sustitución de aceite de pescado con aceite de linaza o girasol en la dieta para *Oncorhynchus mykiss*, que a diferentes temperaturas del cultivo, no tenían ningún efecto significativo sobre el crecimiento

pero observaron efectos significativos en la composición de ácidos grasos del músculo.

La mayoría de los trabajos realizados en sustitución de harina de pescado, han utilizado harinas o concentrados de proteína de soya. Se han reportado pocos estudios utilizando aislado de proteína de soya, el cual debido al proceso de obtención se caracteriza por un contenido de proteína mínimo de 90 % en base seca lo que se encuentra totalmente disponible para la utilización por los organismos (Dersjant-Li, Y., 2002). Con la finalidad de contribuir al desarrollo del cultivo de trucha a través de la alimentación y cuidado con el ambiente, se elaboraron y evaluaron dietas a base de aislado de proteína de soya en crías de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), por lo que el presente trabajo pretende incrementar la información al respecto planteando los siguientes objetivos.

4. OBJETIVOS

General

Evaluar el efecto de dietas con diferentes concentraciones de aislado de proteína de Soya en las respuestas fisiológicas de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* provenientes de una granja comercial.

Particulares

Determinar la tasa de ingesta de alimento en crías de *Oncorhynchus mykiss* con diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar el crecimiento en crías de *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con dietas de diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar la digestibilidad de la proteína de crías de *Oncorhynchus mykiss* utilizando diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar el consumo de oxígeno en crías de *Oncorhynchus mykiss* utilizando diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar la excreción de fosforo a través de orina de crías de *Oncorhynchus mykiss* utilizando diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar la cantidad de nitrógeno amoniacal en crías de *Oncorhynchus mykiss* utilizando diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

Determinar la composición proximal en crías de *Oncorhynchus mykiss* utilizando diferentes concentraciones de sustitución de aislado de proteína de soya.

5. MATERIALES Y METODOS

Formulación y elaboración de las dietas

Se formularon dos dietas (mínimo 40% de proteína) con aislado de proteína de soya (Agrident de México S.A. de C.V., Queretaro, México) para proporcionar 75 (tratamiento S75) y 90% (tratamiento S90) de la porción de la proteína. Para cubrir el resto de la proteína en cada una de las dietas se utilizó harina de pescado (Vimifos S.A. de C.V., Sonora, México), de acuerdo al Cuadro 1. Además de las fuentes de proteína se utilizó como fuente de lípidos, aceite de pescado (Drotasa, S.A. de C.V., México, México), de linaza (Drotasa, S.A. de C.V., México, México) y lecitina de soya (Abastecedora de Productos Naturales, S.A. de C.V., Mérida, México). La dextrina (Sigma-Aldrich Co., Missouri E.U.) se utilizó como fuente de carbohidratos, gluten (gluten de trigo, Sigma-Aldrich Co., Missouri E.U.) como aglutinante y una mezcla de vitaminas y de minerales (Micro Rovimix for carnivorous fish, DSM Nutritional Products of Mexico, Guadalajara, Mexico). Para llevar la dieta a 100% se utilizó α -celulosa (Sigma-Aldrich Co., Missouri E.U.). Como dieta control se utilizó una dieta comercial (Malta clayton).

Las dietas se prepararon mezclando los ingredientes en polvo en una batidora para cocina (Kitchen Aid, modelo KSM150PSMC) por 20 minutos. Posteriormente se agregaron los aceites y la mezcla se homogenizó de nuevo por 20 minutos, se agregó agua destilada (400 ml por kg de dieta), se homogenizó de nuevo y la masa resultante, se hizo pasar por un molino de carne para formar pellets de 5 mm de diámetro, los cuales se secaron a 60 °C hasta obtener un contenido de humedad aproximado de 10%. Por último, las dietas se almacenaron a -24 °C hasta su uso.

Cuadro 1. Formulación de dietas experimentales con contenido de aislado de proteína de soya y aceites vegetales

Ingredientes	S75	S90
	(g/Kg)	(g/Kg)
Harina de pescado	153	61
Aislado de proteína de soya	335	422
Aceite de pescado	25	25
Linaza	75	75
Lecitina	50	50
Dextrina	100	100
Mezcla de vitaminas y minerales	40	40
Taurina	7.5	7.5
Metionina	2.5	2.5
Gluten	80	80
α celulosa	132	137
COMPOSICIÓN PROXIMAL		
Proteínas (%)	42.57 ± 0	44.54 ± 0.5
Lípidos (%)	12.75 ± 0.95	11.33± 1.52
Ceniza (%)	0.093 ± 0	0.094 ± 0

Humedad (%)	11.6 ± 1.6	11.6 ± 0.97
--------------------	------------	-------------

Prueba de alimentación

Para la prueba de alimentación, se utilizaron crías de trucha arco iris que se obtuvieron de la granja particular “Tres Piedras”, ubicada en el poblado de Cahuacán, municipio de Nicolás Romero, Edo. de México. Los organismos se trasladaron al Laboratorio de Producción Acuícola de la FES Iztacala y se aclimataron en tanques de 500 L de capacidad. Los organismos se alimentaron con una dieta comercial (Api-trucha 1, 50% crude protein, Malta-Cleyton de México) hasta el inicio de la prueba.

La prueba de alimentación se realizó en un sistema de recirculación con tanques de polipropileno de 100 L. En cada tanque se colocaron aleatoriamente 25 organismos con una talla promedio inicial de 0.25 ± 0.02 g en peso y 2.5 cm en longitud, esto se realizó por triplicado por dieta. Se suministró alimento diariamente en raciones (9% de la biomasa total) que se distribuyó en 3 porciones por día durante los primeros 20 días, cuando los organismos dejaron de consumir el total de la dieta, se ajustó el alimento con el 7% de la biomasa total distribuida en 2 porciones con una diferencia de 7 horas. Antes de suministrar el alimento y después de 30 minutos de ser alimentadas, se colectó las heces y alimento no ingerido por separado, que posteriormente fueron secados en un horno a 60° C durante un periodo de 24 horas y almacenados para su utilización en la determinación de la tasa de ingesta.

La prueba de alimentación tuvo una duración de 50 días, al término de los cuales, los organismos se mantuvieron sin alimento por un periodo de 24 h y se pesaron para obtener el crecimiento. Diez organismos se regresaron a sus respectivos tanques y se alimentaron por diez días más con la respectivas dietas, adicionadas con 1% de óxido de cromo, para la determinación de la digestibilidad. El resto de los organismos se utilizó para evaluar el consumo de oxígeno, excreción de P y N.

Posteriormente fueron sacrificados con una sobredosis de MS-222 (sal ácido meatasulfónico, etil 3-aminobenzoato Sigma Aldrich Comp., St. Louis, MO, USA) y se diseccionaron para obtener muestras de hígado y músculo para los análisis químicos proximales.

Parámetros de crecimiento y sobrevivencia

Se determinaron los siguientes parámetros:

Tasa de ingesta del alimento (TI) se utilizó la siguiente fórmula:

$$TI = [\text{alimento ingerido en masa seca g /pez / día}]$$

Cada 10 días se registró el peso y longitud de los organismos hasta finalizar el periodo de alimentación para determinar los siguientes parámetros: Tasa de Crecimiento Específico TCE (%), Ganancia en Peso GP, la Tasa de Conversión del Alimento TCA y la Sobrevivencia SV.

$$TCE = [\text{In peso final} - \text{In peso inicial} / \text{número de días de alimentación}] * 100$$

(Refstie, Stile y Trond, 1997)

$$GP = [\text{Peso final} - \text{Peso inicial} / \text{Peso inicial}] * 100 \text{ (Adeliz, et al. 1998)}$$

$$TCA = [\text{Alimento consumido} / \text{Ganancia en Peso}] \text{ (Adeliz, et al. 1998)}$$

$$SV = (\text{número final de organismos} / \text{Número inicial de organismos}) * 100$$

Se analizó la relación peso–longitud mediante la utilización en el siguiente modelo (Froese, 2006).

$$W = aL^b$$

Donde:

W es el peso total en gramos y L es la longitud en cm, “a” es la ordenada al origen que representa el factor de condición y “b” la pendiente que nos indica el tipo de relación entre el peso y la longitud.

Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente

Para la prueba de digestibilidad se elaboraron dietas con la misma formulación adicionadas con 1% de óxido de cromo, tratamiento con el cual se alimentaron a los organismos en un periodo de 10 días posteriores a los 50 días de alimentación. Esta prueba solo se realizó con las dietas experimentales ya que por la composición de la dieta control no se puede realizar dicha prueba con esta dieta. Se colectaron las heces del fondo de los tanques antes de ofrecer el alimento a los organismos y fueron liofilizadas para su determinación de proteína por la técnica de Furukawa y Tsukahara (1966). Para la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CDA}\% = 100 - [(\%CH/\%CD) - (\%NH/\%ND)] * 100$$

Donde:

CH= cromo en heces, CD= cromo en dieta, NH= nutriente en heces, ND= nutriente en dieta.

Cuantificación del consumo de oxígeno, excreción de fósforo y nitrógeno

En la determinación de consumo de oxígeno, excreción de fósforo y nitrógeno en muestras de agua, se usaron 10 organismos de cada tratamiento que fueron pesados e introducidos en cámaras selladas de flujo cerrado de agua con concentraciones de oxígeno disuelto, fósforo y nitrógeno conocidas. Después de 30 min se midió la concentración de oxígeno disuelto en cada una de las cámaras, y por diferencia se determinó el consumo de O₂. Org t⁻¹. Además, se tomaron muestras de agua para la determinación de fósforo y nitrógeno en orina de

acuerdo a la técnica 480 P React. Mp y 380 N Ness respectivamente y medidas en espectrofotómetro (HACH DR 2800) (Anexos 2 y 3).

Composición proximal

Para determinar la composición proximal de diferentes tejidos, se utilizaron las técnicas reportadas por la AOAC (1993) para determinar la proteína cruda, cenizas y humedad (Anexo 4 y 5).

Para la determinación del contenido de lípidos, se utilizó la técnica descrita por Bligh y Dyer (1959) de extracción de cloroformo y metanol (Anexo 6).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos durante las pruebas de alimentación fueron analizados utilizando un ANDEVA de una vía y para la comparación de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey considerando un error del 5%.

6. RESULTADOS

Parámetros de crecimiento y sobrevivencia

La tasa de ingesta de los organismos (Cuadro 2) alimentados con la dieta comercial es mayor en comparación a las dietas experimentales. Con estas, se observa una relación inversa entre la tasa de ingesta y la concentración de aislado de proteína de soya, a pesar de esta tendencia, no hay diferencias significativas entre los tratamientos.

En el cuadro 2 aprecia que la tasa de crecimiento específico (TCE) y la ganancia en peso (GP) donde se observó en los organismos alimentados con dietas con el 75% de aislado de proteína de soya tuvieron valores más altos que los otros tratamientos aunque no hay diferencias significativas entre ellos.

En cambio en la tasa de conversión del alimento TCA (Cuadro 2) se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos teniendo la mayor conversión alimenticia en la dieta de 90% de sustitución de aislado de proteína de soya, seguida de la dieta control. La dieta con 75% de sustitución obtuvo el menor valor en esta prueba.

El crecimiento de los organismos durante la prueba de alimentación no tuvo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observa que (Cuadro 2 y figura 1) el crecimiento fue mayor en aquellos alimentados con la dieta control, y en los alimentados con las dietas experimentales hubo una relación inversa con respecto al porcentaje de sustitución.

Cuadro 2. Parámetros de crecimiento de crías de trucha arco iris alimentadas con dietas con aislado de proteína de soya en diferentes concentraciones. Los datos representan el promedio de tres replicas \pm el error estándar.

Dieta	TI (g)	TCE (%/día)	GP (%)	TCA	PF (g)
Control	0.19 \pm 0.006	1.8 \pm 0.15	837 \pm 145	1.4 \pm 0.08	2.7 \pm 0.08
S75	0.18 \pm 0.002	1.9 \pm 0.05	895 \pm 61	1.2 \pm 0.01	2.6 \pm 0.035
S90	0.18 \pm 0.043	1.7 \pm 0.07	845 \pm 66	1.6 \pm 0.15	2.5 \pm 0.61

Ti=Tasa de ingesta; TCE(%)=tasa de crecimiento específico; GP(%)= ganancia en peso; TCA= tasa de conversión del alimento; PF= peso final.

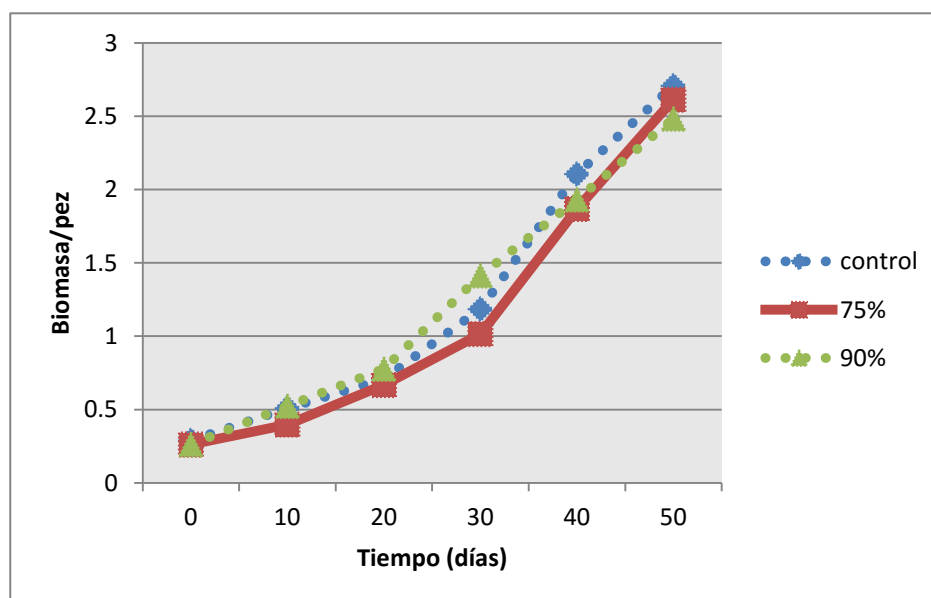


Figura 1. Crecimiento durante la prueba de alimentación de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

La relación peso-longitud (figura 2) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose una relación isométrica en los tratamientos.

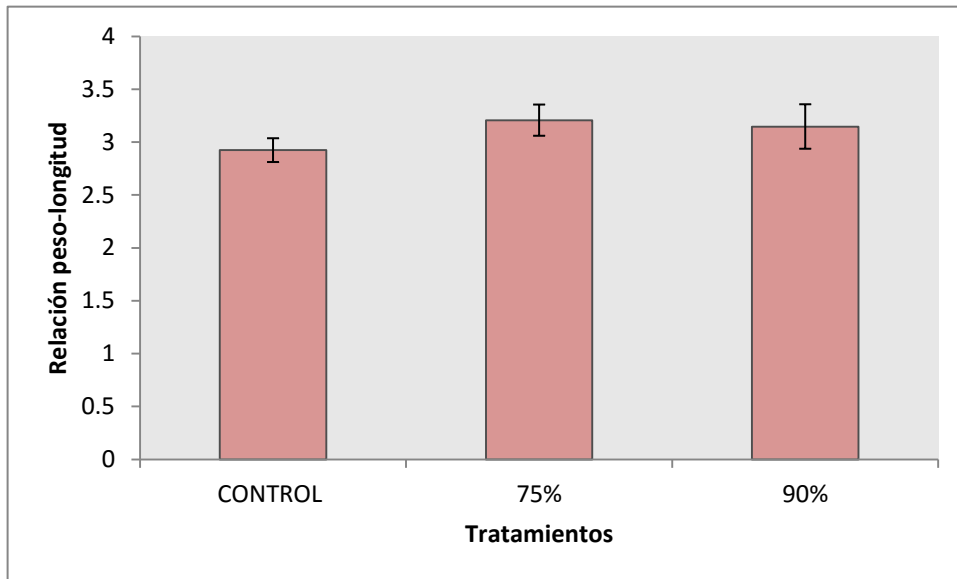


Figura 2. Relación peso-longitud de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

Los organismos tuvieron una sobrevivencia mayor al 80%, con la dieta de 75% de sustitución se obtuvo la sobrevivencia más alta, seguida de la dieta control y finalmente la dieta con sustitución del 90% (Figura 3).

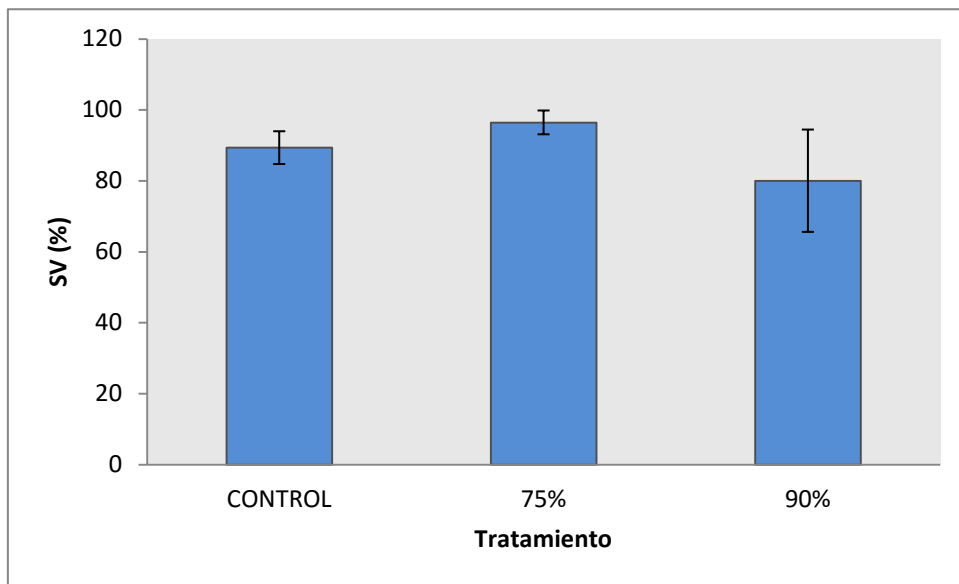


Figura 3. Sobrevivencia de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

Coefficiente de digestibilidad aparente

Los resultados sobre el coeficiente de digestibilidad aparente no mostraron diferencias significativas entre ambas dietas experimentales, se presento un ligero aumento con la dieta de 75% de sustitución.

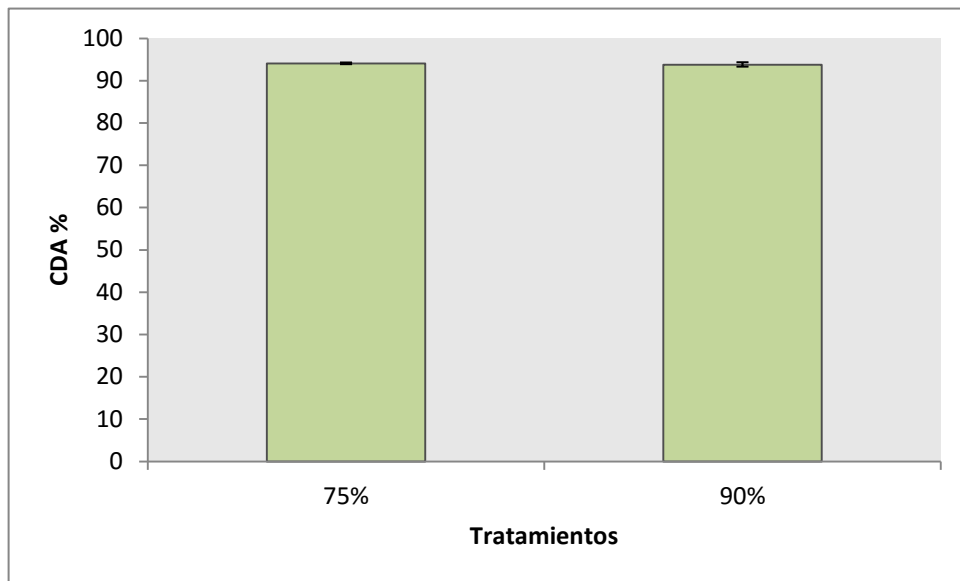


Figura 4. Coeficiente de digestibilidad aparente de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

Cuantificación de consumo de oxígeno, excreción de fosforo y nitrógeno

Los resultados obtenidos en la cuantificación de consumo de oxígeno así como la excreción de fosforo y nitrógeno no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

El consumo de oxígeno (figura 5) es mayor con la dieta control y el menor se registró en los organismos con la dietas experimental S90.

En la figura 6 se muestran los valores de Nitrógeno amoniacal excretado por los organismos, presentando también valores mayores en el tratamiento con la dieta control que las dietas experimentales.

En la figura 7 se observa que la excreción de fosforo es mayor en el tratamiento de 90% de sustitución que la dieta S75 y control.

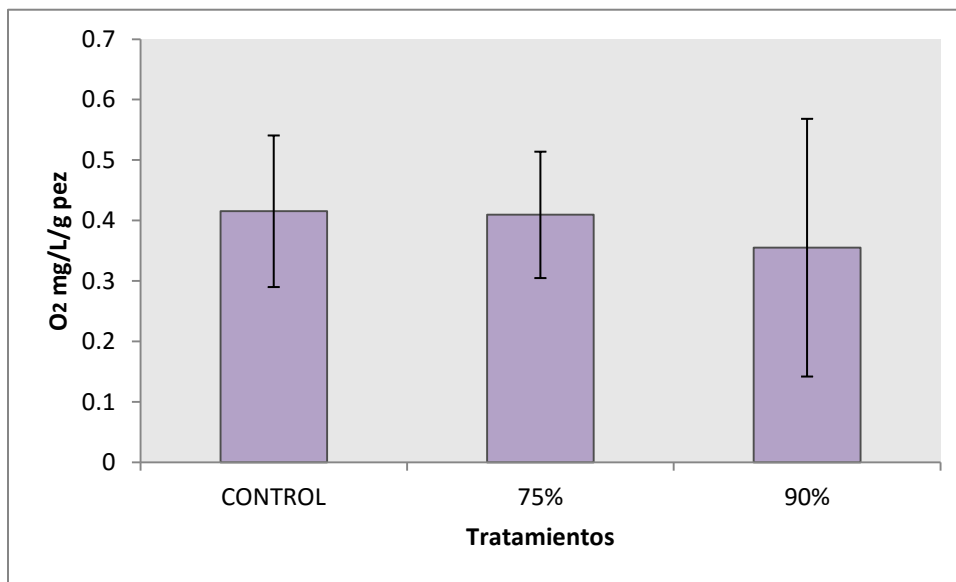


Figura 5. Consumo de oxígeno de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

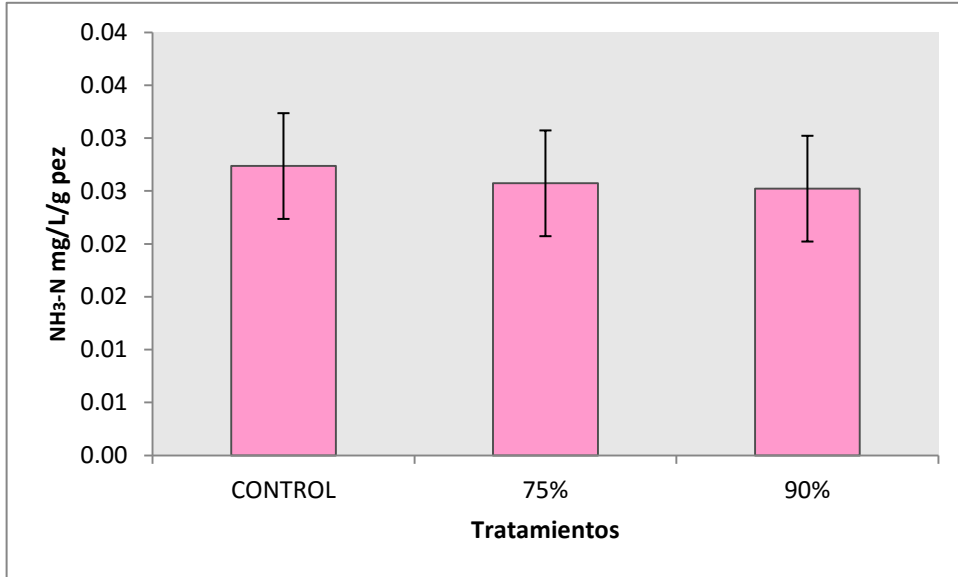


Figura 6. Excreción de nitrógeno amoniacal de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

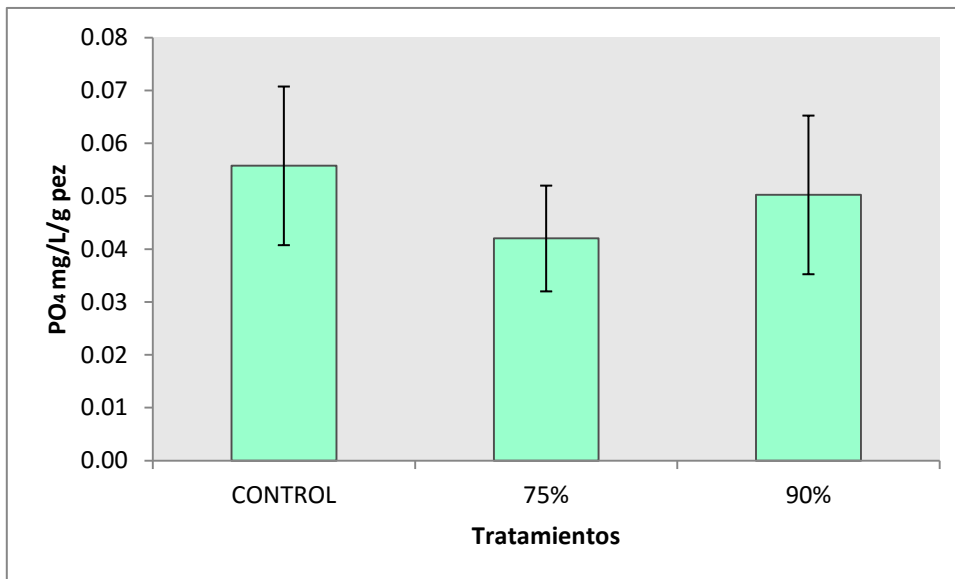


Figura 7. Excreción de fósforo de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

Composición proximal

El porcentaje de proteína en músculo (Figura 8) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Se puede observar que la dieta S75 muestra los valores más altos en porcentaje de proteína en músculo, siendo la de menor porcentaje la dieta control.

En cuanto al porcentaje de lípidos en músculo (Figura 9) se observa mayor proporción de lípidos en los organismos alimentados con la dieta S90, aunque no se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Los lípidos en hígado (Figura 10) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos; los valores más altos se encontraron en los organismos alimentados con las dietas experimentales siendo la más alta la dieta S75 en comparación con la dieta control que obtuvo el menor porcentaje de lípidos en hígado.

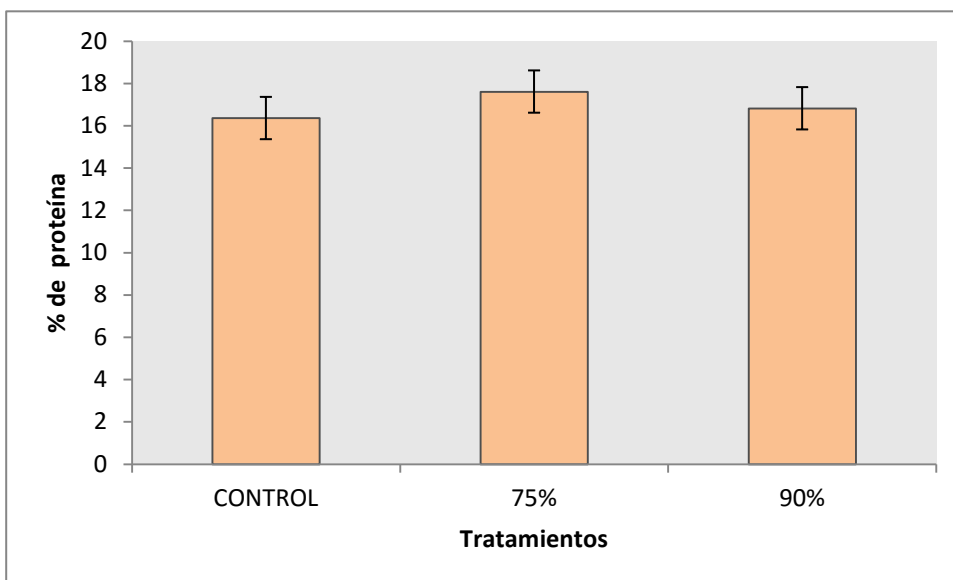


Figura 8. Porcentaje de proteína en músculo de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

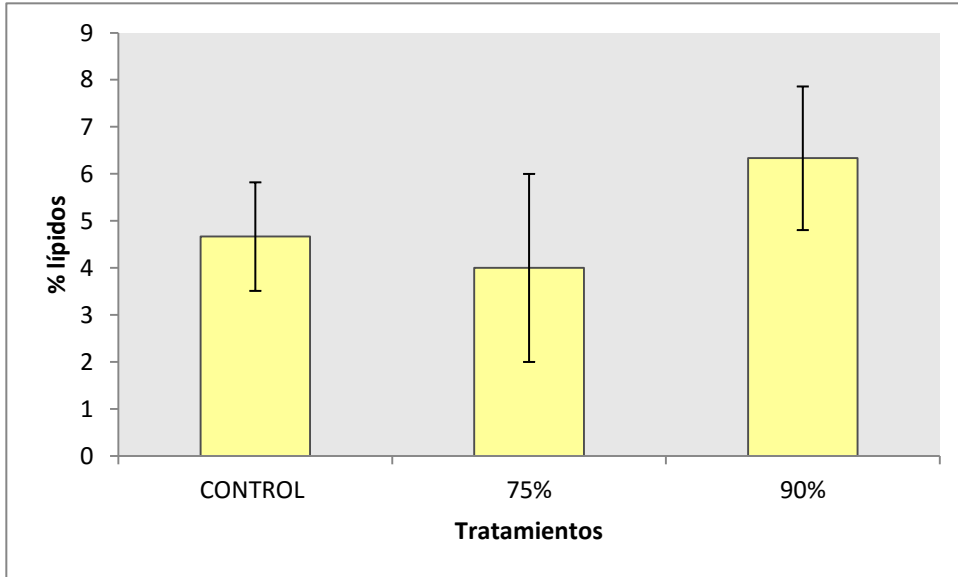


Figura 9. Porcentaje de lípidos en músculo de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

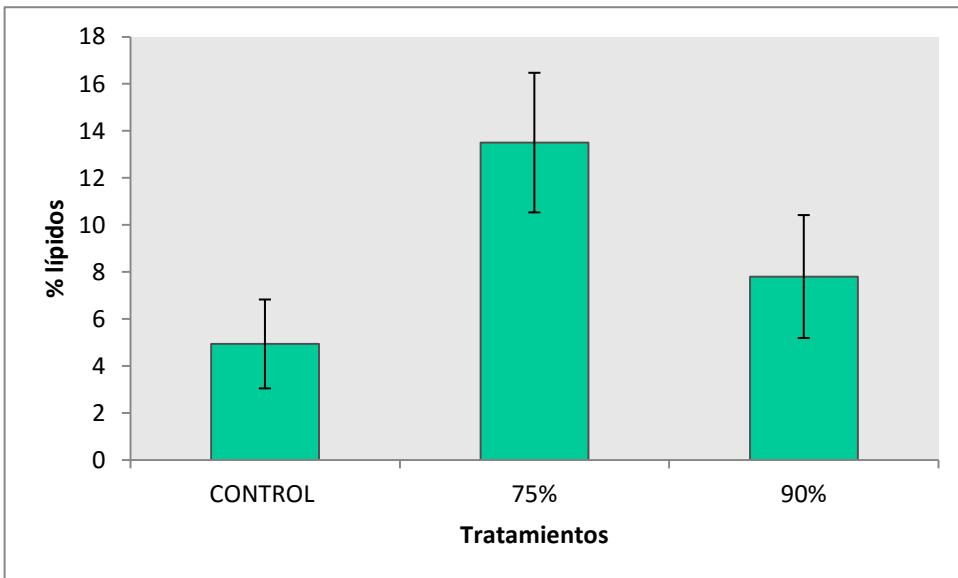


Figura 10. Porcentaje de lípidos en hígado de truchas arco iris alimentadas con dietas con contenido de origen vegetal y aceites vegetales.

7. DISCUSIÓN

En este trabajo la utilización de aislado de proteína de soya en sustitución de hasta 90 % de harina de pescado en la dieta de truchas arcoíris genera un crecimiento similar al de una dieta comercial, mientras que la dieta con sustitución de 75% obtuvo mejores resultados en ganancia en peso, tasa de crecimiento específico y tasa de conversión del alimento que la dieta comercial.

La tasa de ingesta de los organismos fue homogénea entre los tratamientos, debido a que se utilizaron dietas isocalóricas y por lo tanto inferimos que la energía proporcionada por las dietas reguló la cantidad de alimento ingerido, como lo mencionan Cho y Kaushik (1990).

Los organismos alimentados con la dieta comercial alcanzaron un peso final mayor debido a dos razones, por una parte, a que presentaron una mayor tasa de ingesta corroborando con esto lo mencionado por Sanz (2009) de que el peso de los organismos esta determinado en función a la ingesta y gasto energético. Por otra parte, el incremento de lípidos en la dieta logra un ahorro de aminoácidos que son utilizados como fuente de energía y ser utilizados en una mayor síntesis de tejido muscular aumentando así el peso final de los organismos (Hardy 1992; Smith 1989).

Con respecto a la frecuencia de alimentación durante este proyecto se realizó en tres raciones diarias, durante los primeros 20 días de la prueba y dos raciones diarias en los 30 días restantes, las cuales permitieron el crecimiento de los organismos y coincide con lo que mencionan Ustaoglu y Alagil (2009) en el sentido de que el ofrecimiento del alimento dos y seis ocasiones al día no afecta en el crecimiento de truchas arco iris. También consideran que es suficiente alimentar con dos raciones al día con una dieta alta en lípidos (25-30%)

En la TCE y GP los valores más altos se encontraron en la dieta con 75% de aislado de proteína de soya, en ambos parámetros, observándose una disminución de TCE y GP al aumentar el contenido de aislado de proteína de

soya, lo que concuerda con Hernández (2012) quien reporta que a mayor contenido de harina de soya los parámetros de crecimiento disminuyeron sus valores atribuyéndolo a los antinutrientes y a los bajos niveles de los aminoácidos esenciales que requieren algunas especies de salmónidos carnívoros. Sin embargo no se presentan diferencias estadísticas, llegando también a tener valores superiores al control por la dieta S90 en el caso de la GP; esto puede deberse a la adición de metionina y taurina en las dietas experimentales ya que se ha reportado la suplementación de estos aminoácidos en truchas alimentadas con proteína de origen vegetal, las cuales generaron igual o mejor desempeño en el crecimiento de los organismos (Aguillón, 2015; Gaylord *et al.* 2007).

La tasa de crecimiento específico (TCE) obtuvo un fue mayor en los organismos alimentados con la dieta S75. Aunque los organismos con la dieta de 90% de sustitución tienen disponible una alta cantidad de proteína vegetal no es totalmente aprovechada como la dieta S75.

Este parámetro es influenciado por el tipo de alimento que es proporcionado a los organismos (Arce U. E. *et al.*, 2003), también es un parámetro indicador de la calidad de la proteína en las dietas, por lo que esta tasa incrementa con los contenidos altos de proteína en la dieta (Austreng, *et al.*, 1979).

Los organismos tuvieron una mayor ganancia en peso con las dietas experimentales que la dieta control, lo que puede indicar un mejor desempeño de las dietas que la dieta comercial. Puede observarse en los parámetros de crecimiento una tendencia a disminuir sus valores cuando el nivel de sustitución aumenta, lo cual coincide con diversos estudios que han trabajado sustituciones parciales y/o totales de harina de pescado por harina de soya (Álvarez, C. J. S., 2007; Cruz, *et al.* 2011; Hernández, *et al.*, 2012) y aislado de proteína de soya (Ustaoglu, S., y Rennert, B. 2006; Meza, L., 2013) donde se ha observado que la sustitución de hasta 75% de harina de pescado por harinas o concentrados de soya, han obtenido los mejores valores de crecimiento y notando una disminución en el crecimiento en sustituciones mayores de 75%.

La tasa de conversión del alimento mostró diferencias significativas entre los tratamientos, donde el tratamiento de 90% de sustitución obtuvo el mayor valor, siendo la dieta de 75% la más cercana a un valor de 1. Lo cual nos indica una menor pérdida de nutrientes y mayor aprovechamiento de la dieta aumentando la ganancia en peso de los organismos, esto concuerda con los datos obtenidos sobre GP y TCE.

La relación peso-longitud se utiliza para conocer el tipo de crecimiento que presentan los organismos. La relación peso-longitud de los organismos mostro un crecimiento isométrico en los tratamientos, comprendiendo la isometría con valores entre 2.5 y 3.5 (Froese, 2006); lo cual refleja que ambas variables, tanto la longitud como el peso progresan a un ritmo proporcional en los tres tratamientos. Aunque estos datos pueden variar dependiendo de la etapa que se encuentren los organismos ya que en las primeras etapas de desarrollo como la cría, en la mayoría de las especies de peces aún no han desarrollado la forma de cuerpo de un adulto (Carlander, 1969; Froese, 2006).

La sobrevivencia de los organismos no mostro diferencias entre los tratamientos aunque se puede observar que el tratamiento S90 obtuvo una menor sobrevivencia, donde también se observó que gran cantidad de estos organismos presentaban malformaciones como escoliosis y lordosis. La aparición de malformaciones en los organismos afecta su crecimiento, supervivencia, locomoción, ingesta de alimento y vulnerabilidad a los patógenos que puede deberse a factores abióticos, tales como la intensidad de la luz, la temperatura, pH, oxígeno disuelto entre otros; factores bióticos como el manejo de las larvas, densidad del cultivo, factores genéticos debidos a la consanguinidad de los organismos y nutricionales; y factores xenobióticos como contaminantes, metales pesados y pesticidas (González y Rosado, 2001; Gisbert, E., *et al.* 2008) los factores que pudieron afectar en la sobrevivencia en este trabajo puede ser la consanguinidad de los organismos, ya que la granja donde fueron adquiridos solo disponen de reproductores que son sacados de la mismas crías que producen, así mismo la sobrevivencia de los organismos es adecuada ya que

se encuentra por encima del 80% de sobrevivencia por lo que no mostro diferencias entre los tratamientos.

La digestibilidad de la dieta es un factor principal que afecta la fuente de energía y nutrientes ya que las heces representan la perdida de la ingesta de los nutrientes (Cho *et al.*, 1982). La digestibilidad de la dieta no mostro diferencias significativas entre las dietas experimentales, lo que indica que la asimilación de los nutrientes es similar entre las dietas, aunque no se realizo la prueba en la dieta comercial puede decirse que las dietas experimentales son aprovechadas de igual forma que la dieta comercial deduciéndose por el crecimiento y ganancia en peso de los organismos similar entre los tratamientos. La digestibilidad de las dietas también son de gran importancia ambiental ya que los residuos forman parte de los contaminantes depositados en el medio.

La digestibilidad de la proteína se encuentra generalmente entre el 75-90 % (NRC ,1993) lo que concuerda con el CDA obtenido que fue mayor al 93%, valores mayores a los reportados por Hernández (2014) que trabajaron con harina de soya y polvo de *Spirulina* en *Oreochromis sp.* obteniendo valores entre 90 y 94% y Ustauglu (2006) que obtuvo valores entre 82 y 84% en *Acipenser ruthenus* utilizando aislado de proteína de soya. Jover (2000) refiere que las tendencias a la formulación de dietas con cantidades elevadas de lípidos y elaboradas por el proceso de extrucción permiten una mayor digestibilidad y así disminuyen los residuos.

El consumo de oxígeno no mostro diferencias significativas aunque se observa el decremento de consumo a menor contenido de harina de pescado en las dietas, lo cual coincide con Barajas (2009) que también reporta un decremento en el consumo de oxígeno al aumentar el contenido de proteína vegetal, esto puede deberse a que el gasto energético para la metabolización de los nutrientes es menor con las dietas con proteína vegetal que la dieta a base de harina de pescado.

La excreción de nitrógeno amoniacal es el principal producto de la metabolización de los nutrientes, específicamente de la desaminación de las proteínas. La cuantificación de nitrógeno amoniacal excretado de los organismos no mostro diferencias significativas aunque se observa la disminución de excreción de amonio en los organismos alimentados con la dieta S90, lo cual puede deberse a la inclusión de la proteína de origen vegetal que modifica los niveles de los aminoácidos esenciales en las dietas, afectando así la excreción de nitrógeno amoniacal, esto coincide con Médale (1998) y Meza (2013), reportan disminución de excreción de nitrógeno en trucha arco iris alimentadas con dietas a base de proteína vegetal. También se ha mostrado la reducción de pérdidas de nitrógeno y fósforo con el uso de dietas con contenido proteico vegetal siendo complementadas con aminoácidos (Rodehutschord *et al.* 1994). Los altos niveles de proteína tienden a incrementar la tasa de excreción por esto es importante mantener el balance de aminoácidos esenciales y la proporción de lípidos y proteínas en la dieta para la retención de la energía (Cho y Kaushik, 1990) por lo que al aumentar los niveles de energía en la dieta y disminuir la proteína puede lograrse una mayor retención de nitrógeno y energía, favoreciendo el crecimiento (Poniak, J. *et al* 2004).

Al igual que la excreción de nitrógeno amoniacal, en la excreción de fosforo no se obtuvieron diferencias entre los tratamientos, por lo que puede decirse que la disponibilidad de P en las dietas experimentales son similares a una dieta comercial; aunque en este caso se puede observar un ligero incremento en la excreción de P en la dieta S90 sobre la dieta S70, esto puede deberse a los componentes de la dieta como son los fitatos, que es una de las formas de P orgánico que no es digerible para los peces y se encuentra en las proteínas vegetales (Bureau y Hua 2010), el aumento de contenido de proteína vegetal en las dietas aumenta el contenido de P no digerible para los peces que finalmente es excretado.

Por otro lado, sobre la composición proximal de los organismos, la proteína en músculo fue más elevada con el tratamiento del 75%, con un contenido de 17.6%

de proteína, siendo mayores a lo reportado por Meza (2013) y Enriquez (2014); y coinciden con los valores obtenidos por Aguillón (2015) atribuyéndolo a la adición de taurina en las dietas, ingrediente que ha mostrado aumento en la composición proximal de los organismos (Gaylord, *et al.*, 2007; Salze, *et al.*, 2015).

El porcentaje de lípidos en músculo fueron mayores en la dieta de 90% de aislado de proteína de soya aunque no se encontraron diferencias entre los tratamientos, sin embargo en el porcentaje de lípidos en hígado se obtuvieron valores mayores en los organismos alimentados con la dieta de 75% de aislado de proteína de soya, lo cual puede deberse a que cuando el contenido de lípidos en las dietas excede el nivel máximo de metabolización de los organismos para uso energético el remanente se deposita en los tejidos y órganos. Se ha reportado el uso de aceites vegetales en dietas para truchas como Enríquez (2014) que no encontró diferencias entre los tratamientos con contenido de aceite de linaza y aceite de soya y una dieta control, Poczyczyński *et al.* (2014) tampoco encontró diferencias entre las dietas con aceite de amaranto y una dieta control, estos estudios reportan un porcentaje de lípidos similares a los encontrados en las dietas S90 y control, siendo más altos con la dieta S75. Por otra parte, Bell *et al.* (2010) reportaron la utilización de dietas con sustitución del 100% de aceite de pescado por la combinación de aceite de canola, palma y camelina para salmón atlántico, observaron que aunque no afectó el crecimiento de los organismos si encontraron diferencias en el contenido de lípidos y ácidos grasos depositados en los peces. Uno de los efectos de emplear aceites vegetales en dietas para peces es la acumulación de depósito de grasa en los peces (Vizcaíno 2012) por lo que es importante la elección de la fuente de lípidos como remplazo para el aceite de pescado, ya que estos pueden diferir en el contenido y concentración de ácidos grasos saturados e insaturados. La trucha arco iris tiene la capacidad de soportar una alta cantidad de lípido en los hepatocitos siendo un proceso normal en la especie y no se considera un proceso patológico (Rosenthal *et al.* 2013) aunque se recomendaría el estudio de los ácidos grasos para conocer la composición en músculo e hígado.

8. CONCLUSIONES

Las crías de trucha arco iris alimentadas con dietas con aislado de proteína de soya para proporcionar el 75 y 90% de la porción de la proteína, mostraron un crecimiento similar al de una dieta comercial.

Los organismos alimentados con la dieta S75 mostraron los mejores resultados en la ganancia en peso, la tasa de crecimiento específico y tasa de conversión del alimento.

La digestibilidad de la proteína mostró una asimilación similar de los nutrientes entre los tratamientos indicando así que la proteína está siendo aprovechada de igual forma entre las dietas por los organismo.

EL consumo de oxígeno y excreción de nitrógeno amoniacal y fosforo fue similar entre los tratamientos aunque se observa en el consumo de oxígeno y la excreción de NH_3 la disminución de los valores al incrementar el porcentaje de proteína vegetal

Las dietas S75 y S90 no afectan el contenido de proteínas y lípidos en músculo, pero si afectan el contenido de lípidos en hígado.

La dieta que mostro un mejor aprovechamiento en los organismos fue la dieta S75, la cual sería una opción de producción viable para la trucha arco iris

9. REFERENCIAS

- Adeliz, P., Rosati, R., Warner, K., Wu, Y., Muench y White, Brown, P., 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrición*. 4: 255-262.
- Alarcón, L. F.J., Martínez D. M. I., 1998. Fisiología de la Digestión en Larvas de Peces Marinos y sus Aplicaciones al Cultivo Larvario en Masa. *Revista AquaTIC*. 5.
- Álvarez, C. J. S., 2007. Sustitución de harina de pescado por harina de soya e inclusión de aditivos en el alimento a fin de mejorar la engorda de camarón blanco *Litopenaeus schmitti*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias. Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S. C. La paz B. C. S. México. 99 pp.
- Álvarez-Torres, P., F. Soto., S. Q. Aviles., C. L. Días, L. M. C. Treviño. *Panorama de la investigación y su repercusión sobre la producción acuícola en México*. En: Cruz Suárez, L.E., Ricque Marie, D. y Mendoza Alfaro, R. Editores. 1999. Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposio Internacional de Nutrición y Tecnología de Alimentos. 1999. 11-13 Noviembre, 1996. Monterrey, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, N.L. México. 2-6 pp.
- AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16ª Edición . Volumen 1. Arlington, VA.
- Arce U. E.; Luna-Figueroa, J. 2003. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *Revista AquaTIC*, enero-junio, 39-47.
- Austreng, E., Refstie, T. (1979). Effect of varying dietary protein level in different families of rainbow trout. *Aquaculture*, 18:145- 156

- Bell, J.G., Pratoomyot J., Strachan F., Henderson R.J., Fontanillas R., Hebard A., Guy D.R., Hunter D. y Tocher D.R. (2010) Growth, flesh adiposity and fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) families with contrasting flesh adiposity: Effects of replacement of dietary fish oil with vegetable oils. *Aquaculture* 306: 225-232.
- Botello-León, A., Viana, M. T., Téllez-Girón, E., Pullés-Ariza, E., Cisneros-López, M., Solano-Silveira, G., Valdivié, M., Miranda-Miranda, O., Rodríguez-Valera, Y., Cutiño-Espinoza, M., Savón, L. & Botello-Rodríguez, A. (2011). Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. *Agrociencia*, 45(1) 23-31.
- Bureau, D.P., Hua, K. 2010. Towards Effective Nutritional Management of Waste Outputs in Aquaculture, with Particular Reference to Salmonid Aquaculture Operations. *Aquaculture Research* 41, 777-792.
- Cabrera-B, T., Millán-Q, J., Rosas-C, J., Rengel, J., 2001. Cultivo del híbrido de tilapia en ambiente marino, sustituyendo harinas de pescado por soya. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.
- Carlander, K. D., 1969. Handbook of freshwater fishery biology. The Iowa State University Press, Ames, 1: 752 pp.
- Cruz Castro C. A., L. H. Hernández Hernández, M. A. Fernández Araiza, T. Ramírez Pérez and O. Ángeles López. 2011. Effects of diets with soybean meal on the growth, digestibility, Phosphorus and Nitrogen excretion of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Hidrobiológica* 21(2): 118-125.
- Cho, C.Y., Kaushik, S. J. 1990. Nutritional Energetic in Fish: Energy and Protein Utilization in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *World Review of Nutrition and Dietetics* 61: 132-172.

- CONAPESCA/SAGARPA 2011. Anuario estadístico de la acuicultura y pesca. Edición 2011. Comisión nacional de acuicultura y pesca. Mazatlán Sinaloa, México.
- Dersjant-Li, Y., 2002. The use of soy protein in aquafeeds. En: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Enríquez, R. M. L. 2014. Efecto de dietas con aceites vegetales en el crecimiento, digestibilidad, excreción de fósforo y nitrógeno de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para obtener el título de Bióloga. UNAM. 31p.
- FAO. 2011. *Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable Desarrollo de la acuicultura*. 4. Enfoque ecosistémico a la acuicultura. (5) supl. 4. Roma. 60p.
- FAO 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. 253 p.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied Ichthyology*. 241-256.
- HARDY, R. 1992. Characteristics of the chilean salmonid feed industry. Sept. 7-10, 1992, Stgo. Chile V International Symposium on Fish Nutrition and Feeding. Fundación Chile.
- García-Mondragón, D.; Gallego-Alarcón, I.; Espinoza-Ortega, A.; García-Martínez, A. y Arriaga-Jordán, C. M. 2013. Desarrollo de la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México. *Revista Aquatic*. 38:46-56 pp.

Gisbert, E., Fernández, I., y Estévez, A. 2008. Nutrición y Morfogénesis: Efecto de la dieta sobre la calidad larvaria en peces. 46-78pp. Editores: Cruz, S. L. E., Ricque, M. D., Tapia, S. M., Nieto, L. M. G., Villareal, C. D. A., Lazo, J. P., Vianna, Ma. T. Avances en Nutrición Acuícola IX. IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola 24-27 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

González, J. A., Rosado, R. 2001. Descripción de algunas deformidades fenotípicas presentes en larvas y alevinos de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* con anotaciones Respecto al manejo de parentales. *Dahlia*. 4:37-45.

González Salas, R., Romero Cruz, O., Valdivié Navarro, M., Ponce-Palafox, J.T. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. *Bio Ciencias* 2(4): 240-251.

Hernández, F. G., Hernández, H. L. H., Fernández, A. M. A., Angeles, L. O. 2012 Effects of Total Replacement of Fishmeal with Spirulina Powder and Soybean Meal on Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*.

Jover C. M. 2000. Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura mediante un Modelo Bioenergético. *Revista AquaTIC*, [Disponible el 11/05/2016 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=82>]

Luchini, L., 2011. Acuicultura y nutrición: Formulas y raciones formuladas para especies de clima subtropical y templado: Pacu, Randia, Amur, Tilapia y Langosta de pinzas rojas. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca- Dirección. CENADAC. 3º edición del Congreso Argentino de Nutrición Animal, CAENA. 23 y 24 de junio. Buenos Aires, Argentina.

Médale, F., Vallée, F., Blanc, D., Mambrini, M., Roem, A., Kaushik S., 1998. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*) fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. *Aquat. Living Res.*, 11.

Mendoza, D. 2011. Estudio sobre la acuicultura de la trucha a nivel mundial, el desenvolvimiento de la importación de ovas, la tendencia de la producción nacional y su comercialización, Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 2011. 29p.

Meza, L. T. 2013. Uso de proteína aislada de soya y de concentrado de proteína de soya con la adición de proteasa y DL-metionina como sustitutos de harina de pescado en dietas balanceadas de crías de trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. UNAM. 54p.

Norzagaray, C. M., P.S. Muños, L. V. Sánchez, L. F. Capurro y O. C. Llánes. 2012. Estado actual y retos de la investigación en México. *Revista Aquatic*. 37:20-25 pp.

NRC. 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Research Council, National Academy Press, Washington DC. 114pp.

Poczyczyński, P., Gomułka, P., Woźniak, M., Szostak, I. 2014. Preliminary Study on the Partial Substitution of Fish Oil with Amaranth Oil in diets for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fingerlings: Effects on Body Composition and Fatty Acids Contents. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 457-462

Poniak, J., Muñoz, S., Díaz, N., González, C., & Díaz, I. 2004. Efecto de dietas con diferentes proporciones de proteínas y lípidos sobre la respuesta productiva y características de la canal del salmón del Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*). *Archivos de medicina veterinaria*, 36(2): 163-172.

Rincón, D. D., Velázquez, H.A., Dávila, M. J., Semprum, A.M. Morales, E. D., Hernández, J. L. 2012. Niveles de sustitución de harina de pescado por

- harina de *Arthrospira* (=Spirulina) maxima, en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Medellín, Colombia. 25(3): 430-437 pp.
- Rodehutschord, M., Mandel, S., Pfeffer, E. 1994. Reduced protein content and use of wheat gluten in diets for rainbow trout: Effects on water loading with N and P. *J. Appl. Ichthyol.*, 10:271-273.
- Rosenthal N., S., Sandoval C., N., Gavidia C., C., Tabacchi N., L. 2013. Frecuencia de lipidosis hepática en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de fase juvenil en una piscigranja de la Sierra central del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 24(1): 118-124
- Salze, G.P., Davis, D.A., 2015. Taurine: a critical nutrient for future fish feeds. *Aquaculture*. 437, 215–229.
- Sanz, F. 2009. La alimentación y nutrición en la piscicultura. Fundación observatorio español de acuicultura. Madrid. 803pp.
- SEDAGRO (2014). Cultivo de trucha. Dirección General Pecuaria. Metepec, Estado de México. Citado en: <http://www.Edomex.gob.mx/desarrolloagropecuario/docs/pdf/Trucha.pdf>. el 28/11/14.
- SEMARNAT 2005. *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Aprovechamiento de los recursos forestales, pesqueros y de la vida silvestre. Citado de: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/05_aprovechamiento/cap5pes_1.html el 31/08/14.
- SMITH, R.R. 1989. Nutritional energetics. In HALVER, J.E. *Fish Nutrition*, 2ª ed. New York. Academic Press. pp 2-28 .
- Tacon, A. (1987). *The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp a training manual*. I. The essential nutrients. FAO. Brasilia, Brasil. 117 pp

- Ustaoglu, T. S. & Alagil, F. 2009. Effects of feeding frequency on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a high lipid diet. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 33 (4): 317-322.
- Ustaoglu, T. S., & Renner, B. 2006. Effects of partial replacement of fishmeal with isolated soy protein on digestibility and growth performance in sterlet (*Acipenser ruthenus*). *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 58:(3), 170-177.
- Vela, V. J., O. González-Posada. 2007. *La revolución azul*. APROMAR. Publicaciones Científicas y Tecnológicas del Observatorio Español de Acuicultura. Editorial CSIC. 1ª Edición. Madrid, España. 363 pp.
- Vizcaíno P. O. C. 2012. Efecto de la concentración de aceite de linaza y maíz en la dieta, sobre el crecimiento, composición proximal, respuesta hemtológica y química sanguínea en juveniles de corvina blanca *Atractoscion nobilis*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Ecología Molecular y Biotecnología. UABC. 83p.
- Wijekoon, M.P.A.; Parrish, C.C.; Mansour, A. Effect of dietary substitution of fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at varying temperatures. *Aquaculture*. 433:(1). 174-181.

10. ANEXOS

ANEXO 1 Descripción de la especie

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Subfamilia: Salmoninae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

Cuerpo fusiforme alargado con 60-66 vertebras, cuenta con una aleta adiposa , de 10 a 12 radios blandos dorsales, 19 radios caudales y 8 a 12 radios anales. De 16 a 17 branquiespinas (fishbase) . Tiene una coloración verde oliva a azul que depende del hábitat tamaño y condición sexual del organismo con una banda rosada a lo largo de la línea lateral que se presenta en la madurez sexual también presentan puntos negros por encima de la línea media por todo el cuerpo.

ANEXO 2 Determinación de fosforo

Reactivos

Molibdovanadato

Equipo y material

Espectrofotómetro HACH

Vasos de precipitados de 25 ml

Pipeta de 1 ml

Procedimiento

1. Seleccionar en el espectrofotómetro HACH el programa 480 P React Mo
2. Preparar el blanco agregando en un vaso 10 ml de agua destilada
3. Preparar las muestras de agua vertiendo 10 ml de cada muestra en un vaso
4. Agregar 0.5 ml de Reactivo de Molibdovanadato en cada una de las muestras y el blanco
5. Reposar durante 7 min
6. Introducir el blanco y ajustar a cero
7. Introducir y hacer la lectura de cada una de las muestras

ANEXO 3 Determinación de Nitrógeno amoniacal

Método Nessler 8038

Reactivos

Reactivo Nessler

Estabilizador mineral

Agente de dispersión de alcohol polivinílico

Agua desionizada

Equipo y material

Espectrofotómetro HACH

Probetas de 25 ml

Vaso de precipitados de 25 ml

Pipeta de 1 ml

Procedimiento

1. Seleccionar en el espectrofotómetro HACH el programa 380, N, Amonis Ness
2. Preparar el blanco con 10 ml de agua desionizada
3. Agregar a un vaso 10 ml de la muestra de agua
4. Agregar dos gotas de estabilizador mineral en cada recipiente
5. Agregar 2 gotas de agente de dispersión de alcohol polivinílico y mezclar
6. Agregar 1 ml con pipeta de reactivo de Nessler en cada recipiente y mezclar
7. Reposar durante 1 minuto
8. Transferir el blanco a la cubeta de vidrio, introducir al espectrofotómetro y ajustar a cero
9. introducir cada muestra en el espectrofotómetro para ser medidas.

ANEXO 4 Contenido de Humedad

Equipo y material

Horno de convección

Balanza Analítica

Crisol

Pinzas para crisol

Guantes

Procedimiento

1. Colocar el crisol en el horno de convección por 2 horas aproximadamente para secar y evitar variaciones en el peso.
2. Obtener el peso inicial de la muestra húmeda
3. Poner a secar la muestra en un horno de convección a 100°C durante 4 horas
4. Sacar la muestra del horno y pesar
5. Introducir la muestra nuevamente en el horno por una hora
6. Sacar la muestra del horno y pesar.
7. Continuar secando a intervalos de una hora hasta que el peso sea constante y este valor será el peso final.
8. Sacar el porcentaje de humedad total como se muestra a continuación:

$$\text{Humedad (\%)} = (1 - (\text{Peso inicial} / \text{peso final})) \times 100$$

ANEXO 5 Contenido de cenizas

AOAC, 1990

Equipo y material

Mufla

Desecador

Balanza analítica

Crisol

Pinzas para crisol

Guantes

Procedimiento

1. Pesar la cantidad de muestra seca
2. Colocar la muestra en un crisol de porcelana
3. Introducir el crisol en la mufla a 550°C por 6-8 hrs hasta que la muestra se torne en un polvo blanco y dejar enfriar hasta los 100°C.
4. Colocar la muestra en un desecador para que se termine de enfriar y obtener el peso final
5. Calcular el porcentaje de cenizas con la siguiente fórmula:

$$\text{Cenizas (\%)} = (\text{Peso de las cenizas} / \text{Peso de la muestra}) \times 100$$

ANEXO 6 Lípidos Totales

Método de Cloroformo-metanol Bligh and Dryer, 1959

Reactivos

Cloroformo

Metanol

Equipo y Material

Balanza analítica

Embudo de separación

Viales

Homogeneizador

Pipetas pasteur

Tubos de ensayo

Procedimiento

1. Lavar secar y pesar perfectamente los viales
2. Colocar y Pesar las muestras de los tejidos en los tubos de ensaye
3. Preparar una solución de Cloroformo metanol 1:1
4. Añadir a los tubos 1.5 ml de cloroformo y 3 ml de metanol, homogeneizar por dos minutos
5. Agregar 1.5 ml de cloroformo y homogenizar por dos minutos
6. Vaciar en un tubo para filtrar la muestra y lavar el filtro dos veces con la mezcla de cloroformo-metanol y agregar el lavado a la muestra.
7. Vaciar la muestra al embudo de separación
8. Agregar 0.8ml de agua destilada para mantener una proporción con la mezcla cloroformo-metanol de 0.8:1:1

9. Agitar vigorosamente y dejar reposar unos segundos para que se formen dos fases (si no se forman las dos fases agregar metanol gota por gota o bien agua destilada gota por gota hasta que se formen)
10. Usando guantes pesar los viales y verter en el vial la fase densa que contiene el cloroformo con los lípidos.
11. Para retirar el cloroformo se pone a secar con una corriente de aire
12. Obtener el peso total de lípidos
13. Para obtener el porcentaje total de lípidos se utiliza la siguiente fórmula:

Lípidos totales (%)= (Peso total de los lípidos / Peso de la muestra seca) X100