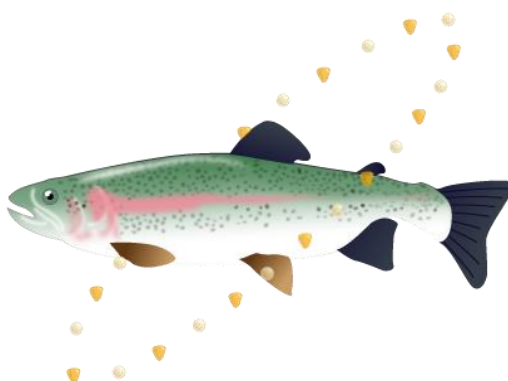




Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias Marinas



“CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS Y CRECIMIENTO DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) POR EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINA DE PLUMA, SOYA Y MAIZ EN DIETAS COMERCIALES”

T E S I S

Que para obtener el grado de Oceanólogo
Presenta:

Christian Daniel Morales Portillo

Ensenada, Baja California, Julio de 2010.

**CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS Y CRECIMIENTO DE TRUCHA
ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) POR EFECTO DE LA INCORPORACIÓN
DE HARINA DE PLUMA, SOYA Y MAIZ EN DIETAS COMERCIALES.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
OCEANOLOGO
PRESENTA:

CHRISTIAN DANIEL MORALES PORTILLO

APROBADA POR

Presidente del Jurado
Dra. Lus M. López Acuña

Sinodal Propietario
Dr. Eduardo Durazo Beltrán

Sinodal Propietario
M.C. Conal D. True

ABSTRACT

A study was carried out to determine the effect of dietary alternative protein incorporation on flesh quality and growth performance of rainbow trout. Four feeds manufactured by a commercial feed mill and containing different levels of feather meal (7%), soybean meal (0%, 12% and 20%) and similarly levels of corn gluten meal were fed to rainbow trout in two feeding trials. In the first trial, the four feeds were proportionate to one group of large rainbow trout each. Over the first 12 weeks of the trial, the fish grew from an initial body weight (IBW) of 152 g fish⁻¹ to final body weight of about 700 g at average 13°C. Upon reaching market size (approx.1 kg) the fish were filleted and the fillets were subjected to texture analysis, pigmentation assessment, and to a consumer taste test. The four tested diets seem to have similar effect on fish quality and on the commercial size rainbow trout. Nevertheless a major difference was observed when fish fed SBM120 were compared with fish fed NBM. Odour, flavour and texture all affected the assessors choice. The second growth trial was carried out with smaller fish (about IBW= 9 g fish⁻¹ to FBW= 60 g fish⁻¹) to accurately compare the feeds on the basis of growth performance. Each feed was proportionate to one group of three groups of fish reared at 15°C for 12 weeks. Value of ECA and TGC in both case don't showed statistical difference.

Keywords: Quality, Texture and Growth performance.

..... erase la historia del impaciente explorador que anhela cumplir sus sueños algunos ya tardíos sin razón; no claudica en objetivos aunque gane la desesperación, se enfrenta a sus temores con la ayuda de DIOS; la familia gozosa después del esfuerzo, sus amigos contentos después de tanto tiempo, ¡ah! que explorador tan imperfecto, que hoy dedica su logro al esfuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi *alma mater* la Universidad Autónoma de Baja California, UABC y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACyT, por la beca otorgada del proyecto 2003-206.

A la reconocida Facultad de Ciencias Marinas por arar el camino y sembrar la semilla del éxito con ayuda de todos mis profesores, en especial aquellos que forman ahora parte de este comité de Tesis: **Dra. Lus López Acuña, Dr. Eduardo Durazo Beltrán y al M.C. Conal D. True**, por hacer de su estudiante un profesionista, por enseñarme que los retos apenas inician, darme la oportunidad de aprender de su experiencia y ser mis guías en este océano de conocimiento.

Mi gratitud al Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (OMAFRA) y la University of Guelph (UOG) en Canadá, por el apoyo y servicios brindados para efectuar mi estancia.

A quienes creyeron en este sueño, y sin importar la distancia me escuchan y apoyan, porque sin ellos no lo hubiese logrado, gracias papas (Irma y Emilio), gracias hermano (Cesar).

Al amigo, profesor y tutor, a la persona que no requiere presentación pero sería egoísta no plasmar su nombre, gracias **Dr. Dominique Bureau** (UOG) por darme el mayor aprendizaje de vida llamado humildad, por recibir a un desconocido y dejarlo jugar a ser científico en el lugar que consideras tu espacio vital y una razón de ser, me refiero a tu laboratorio. POR TODO EL APOYO MIL GRACIAS.

Porque no sería igual sin el aprendizaje, animo, consejos, diversiones, tristezas y hasta “uno que otro trago”, cuyas vivencias me hicieron sentir en familia y descubrir de estos personajes la maravilla de su ser de quienes tengo inmemorables anécdotas, pero como esta es la tesis del “plebe” y no un anecdotario me limitare a agradecer a Fernando, Alonso (patas torpes), Mauricio (chaparro, chiquitolina, maurio-bros), Daniel (barrio), Andrés (cepillin), Emyr

(negro), Daniel Badillo y ellas, las amigas que me aguantaron de todo, Rocío (you-you), Hilda (chundis), Victoria (Vicky y su princesa Sophia), Angélica (angie), Abigail (aguacatota, gasparin), Candy y Adriana, así como muchas personas que llevaré conmigo siempre por la huella que han dejado en mi ser.

Un reconocimiento especial a la familia **Durazo Watanabe** por su inmejorable amistad, atención, animo y diversión constante, sin duda mi estancia en Canadá no hubiese sido la misma sin su presencia, que ejemplo de personas.

Gracias a la Dra. Matilde de Francesco procedente de la Universidad de Florencia, Italia, quien acudió especialmente para la organización y dirección de la etapa de análisis sensorial del presente estudio.

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	i
LISTA DE FIGURAS	ii
1. Introducción.....	1
2. Antecedentes	4
3. Objetivo General.....	6
3.1. Objetivos Específicos.....	6
4. Materiales y Métodos	7
4.1. Dietas.....	7
4.2. Cultivo de organismos post-juveniles.....	8
4.3. Toma de muestras	8
4.4. Análisis instrumental de textura.....	9
4.5. Análisis instrumental de color	9
4.6. Análisis sensorial	10
4.6.1. Procesamiento del pescado y preparación del filete	10
4.6.2. Prueba Triangular	11
4.7. Eficiencia alimenticia.....	12
4.8. Evaluación del coeficiente de crecimiento	12
4.9. Cultivo de Organismos juveniles.	13
5. Análisis Estadístico	13
5.1. Análisis instrumental de color y textura.....	13
5.2. Evaluación sensorial	14
5.3. Evaluación del coeficiente de crecimiento	14
6. RESULTADOS.....	15
6.1. Análisis instrumental de color y textura.....	15
6.2. Análisis Sensorial.....	15
6.3. Parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles.....	17
6.4. Parámetros de crecimiento de organismos juveniles	18
7. DISCUSIÓN.....	20
7.1. Análisis instrumental de color y textura.....	20
7.2. Análisis sensorial	21
7.3. Evaluación de los parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles	23
7.4. Evaluación de los parámetros de crecimiento de organismos juveniles ...	24
8. CONCLUSIÓN	25
9. RECOMENDACIÓN.....	26
10. LITERATURA CITADA	27

LISTA DE TABLAS

Tabla I.- Formulación e ingredientes de dietas comerciales que se usaron para la alimentación de trucha arcoíris.	7
Tabla II.- Valores de los parámetros de color y textura en el filete de trucha arcoíris alimentada con distintas dietas.	15
Tabla III.- Prueba triangular para determinar diferencia estadística entre características organolépticas de filete de trucha arcoíris (<i>Onchorynchus mykiss</i>) sometida a diferentes tratamientos de alimentación.....	16
Tabla IV.- Caracterización sensorial perceptible del filete de trucha arcoíris alimentada con las dietas SBM120 y NSBM.....	17
Tabla V.- Parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles alimentados con diferentes dietas comerciales.	17
Tabla VI.- Parámetros de crecimiento de organismos juveniles de trucha arcoíris alimentados con diferentes dietas comerciales.	19

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Esquema de las porciones obtenidas del filete de trucha arcoíris para presentar al panel de catadores durante la evaluación sensorial. 10
- Figura 2** Esquema de codificación para las porciones de filete que se presentó a los catadores durante la prueba triangular. 11
- Figura 3.-** Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada con dietas comerciales durante 84 días de cultivo. 18

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que en el sector mundial presenta un crecimiento significativo en la producción de alimentos. De lo anterior se atribuye la premisa de que al panorama acuícola se le otorgue un alto valor redituable, que sin embargo, presenta un alto costo de producción como consecuencia del uso de alimento formulado que corresponde un valor aproximado entre 50% y 60% de la inversión durante el proceso de engorda de organismos (FAO, 2008).

La actividad acuícola se encuentra, o al menos, debe estar en simbiosis con el campo de investigación nutricional pues este permitió el desarrollo potencial de la producción acuícola en décadas recientes. Los peces al igual que otros animales requieren de nutrientes para los procesos metabólicos y crecimiento, mismos que los obtienen por el consumo de otros organismos, plantas y/o minerales (Bureau, 2008).

Con base al principio anterior fue posible determinar nutrientes e ingredientes para formular y manufacturar dietas en función de las características, estadios de vida y comportamiento de las especies en cultivo.

Sin embargo, el costo de ingredientes como harina de pescado influye en el incremento del precio por kg de alimento formulado para especies en cultivo, ya que históricamente dicho ingrediente se convirtió en un componente clave en la formulación de dietas con fines de acuicultura cuya actividad sigue con dependencia de la harina y aceite de pescado derivado de la captura de especies marinas (Csirke, 1999); lo cual, debido a su alta demanda justifica el alza en los precios, en consecuencia por la disminución de capturas de las especies marinas que se utilizan para el proceso de obtención de harina y aceite de pescado (Smith *et al.*, 1988; Naylor *et al.*, 2000).

Aunque desde décadas anteriores surge la inquietud de reducir los costos de producción con la implementación de metodologías que permitan sustituir de forma total o parcial los requerimientos de proteína animal por aquellas alternas y de bajo costo, en la actualidad se convierte en una necesidad que incide sobre el

rendimiento económico como aspecto principal, y secundario por el impacto ecológico en las especies pesqueras que se utilizan (Barrías y Oliva-Teles, 2000).

Dentro de los intentos para lograr cubrir los requerimientos nutricionales y reducir la cantidad de proteína animal en alimentos formulados, la harina de soya es uno de los principales ingredientes que de forma recurrente se utiliza para formular y elaborar dietas para salmónidos y truchas (Refstie *et al.*, 2000; Gomez-Requeni *et al.*, 2004; de Francesco *et al.*, 2007).

Es conocido que la calidad nutricional con los aportes de ácidos grasos n-3 y n-6, y la cantidad de aminoácidos esenciales que se encuentran en la harina y aceite de pescado, favorecen el óptimo crecimiento y salud de los organismos acuáticos. Sin embargo, se ha demostrado que existe factibilidad biológica para el uso de proteína vegetal o bien, proteína que se genera con desechos de la industria avícola como pluma, sangre e incluso material óseo, dado que la tasa de crecimiento no tiene reducciones significativas al menos en especies como trucha arcoíris (Bureau *et al.*, 2000, de Francesco *et al.*, 2007).

El proceso para lograr que los desechos avícolas se aprovechen con éxito como fuente primaria de otro nivel trófico mediante la hidrólisis de los ingredientes a utilizar en presencia de hidróxido de calcio, favorece para obtener contenido de hasta 85% en proteína digestible, suficiente para satisfacer la demanda al menos en especies como trucha arcoíris (Bureau, 2008).

Contrario a los estudios que señalan el uso de harinas vegetales ya sea de soya, canola, cacahuete o semilla de girasol, solo por mencionar aquellas más comerciales como fuente proteica, surge controversia sobre la composición química de los peces que se someten a una alimentación con harina vegetal, pues se ha observado una disminución de aminoácidos esenciales así como cambios en la textura y pigmentación del filete, dado que dichas cualidades se ven influidas por la calidad u origen de los ingredientes incorporados en la dieta (Kaushik *et al.*, 1995).

Aun cuando en décadas pasadas se asumió que el añadir harina de soya no repercutía en las anteriores propiedades (Smith *et al.*, 1988), contribuciones recientes sugieren factores anti-nutricionales importantes para el funcionamiento del metabolismo en peces carnívoros, al actuar como inhibidores de tripsina y otras elementales enzimas, o bien, producir una reducción en los niveles de minerales que favorecen la actividad digestiva (Hardy y Barrows, 2002; Encarnação, 2005).

El aumentar la disponibilidad de ingredientes proteicos alternativos para elaborar alimentos formulados requiere mayor información sobre los componentes nutricionales de las fuentes de proteína a utilizar (Bureau *et al.*, 1999). El uso de ingredientes proteicos alternativos conlleva efectos sobre características del filete fresco en especies comerciales como truchas y salmones, tales como la tonalidad del color, sabor, aroma y textura del tejido muscular, los cuales permiten establecer criterios de calidad que en consecuencia son necesarios para dirigir el precio del filete al ser parámetros de suma importancia para el consumidor (Diler y Gokoglu, 2004).

Estas características sensoriales del filete al estar asociadas con el alimento que el pez consume, pueden variar de acuerdo a la disponibilidad de lípidos, tipo y cantidad de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta, así como por la composición de aminoácidos libres presentes en el tejido (Coello *et al.*, 1999).

Ya que son limitados los estudios que existen sobre las características sensoriales del filete de trucha arcoíris, sometida a alimentación con fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado, el objetivo del presente pretende aportar información al respecto.

2. ANTECEDENTES

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una de las especies de peces más estudiada por el hombre y su conocimiento comprende la domesticación para su cultivo e incremento de su calidad genética para resistencia de enfermedades y mejoramiento en su producción acuícola (FAO, 2008).

Es una especie nativa de los ríos de Norteamérica y su distribución natural comprendió desde Alaska hasta México. Sin embargo, a partir de 1874 fue introducida en todas las regiones del mundo con excepción del continente Antártico con fines de recreación en la pesca deportiva, así como con propósitos para acuicultura; hacia el año de 1950 la actividad acuícola de trucha arcoíris comenzó a sobresalir en los niveles de producción debido a los avances en la época para la fabricación de alimento formulado (Hardy *et al.*, 2000).

Los primeros intentos que fueron realizados con el objetivo de manufacturar dietas para peces no mostró resultados favorables en al menos organismos como trucha, pues la combinación de harinas con procedencia de otros peces, camarón e incluso harina vegetal solo produjo una reducción en el crecimiento y además, un deterioro a nivel salud del pez (e.g. Embury, 1918; Cho y Kaushik, 1985); a raíz de ello se inicia con una fuerte actividad de investigación en este campo para lograr utilizar recursos pesqueros que fungieran como fuente proteica para el crecimiento de peces en cultivo (Cowey, 1989). Así durante la década de los años 90's la formulación y manufactura de dietas para peces carnívoros fue en ascenso al igual que fue el incremento de los insumos para su elaboración.

Sin embargo, con la necesidad de suplir la anterior fuente de proteína como consecuencia de su alto costo, se contrajeron los principales avances en el tema, y se logró que al menos en trucha arcoíris fuese posible sustituir hasta un 40% la harina de pescado por harina de soya, sin afectar la tasa de crecimiento y tasa de conversión alimenticia (Smith *et al.*, 1988) aun cuando el factor de palatabilidad se redujo considerablemente (Refsitie *et al.*, 1997).

Diversos estudios señalan que el uso de proteína vegetal satisface la demanda nutrimental de los organismos en relación al crecimiento sin algún efecto aparente (Smith *et al.*, 1988, Faergemand *et al.*, 1995, Skonberg *et al.*, 1998), lo cual difiere de recientes investigaciones donde se presume que el reemplazo de harina de pescado por harina vegetal puede inducir en cambios morfológicos de aletas principalmente y composición química del perfil de aminoácidos libres (de Francesco *et al.*, 2004), lo que puede reflejarse sobre las cualidades organolépticas del filete de pescado.

Por lo anterior, la información respecto a evaluaciones de índole cualitativo para trucha arcoíris viene en desarrollo estos últimos años, así, Kaushik (1995) midió el efecto sobre el color, sabor y textura que se produce al sustituir de forma parcial la harina de pescado por harina de soya en la dieta para trucha arcoíris, sin embargo, no se encontraron cambios aparentes.

Con el mismo interés de evaluar atributos organolépticos, diversos experimentos se realizaron para ver el efecto que causan ingredientes como harina de maíz o mezclas de harina de soya y maíz incorporados en dietas para salmónidos (de Francesco *et al.*, 2007) u otras especies como *Sparus aurata*, a partir de dietas mixtas de harina vegetal; e incluso se han hecho evaluaciones en este sentido acorde al estado de madurez en peces como *Hippoglossus hippoglossus* (Roth *et al.*, 2007), no obstante, en ambos estudios no fue posible encontrar diferencias significativas en evaluaciones organolépticas como consecuencia del tipo de alimentación.

De acuerdo a las circunstancias que conllevan a un alza en los precios de granos y cereales para dieta animal, surgen investigaciones que destacan por el interés de utilizar desecho de proteína animal como harina de sangre, pluma, hueso y carne (Bureau *et al.*, 1999; Glencross *et al.*, 2007), las cuales son fuentes económicas de proteína en proceso de experimentación desde décadas anteriores para lograr reducir la variabilidad en calidad y digestibilidad, cuyo éxito permite actualmente formular y manufacturar dietas para organismos acuáticos como trucha arcoíris.

3. OBJETIVO GENERAL

Determinar si la sustitución parcial de harina de pescado por harina de soya, maíz y/o pluma en dietas formuladas comerciales para trucha arcoíris, influye sobre las características organolépticas de aroma, sabor, color y textura del filete.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar las características de aroma, sabor, color y textura del filete de trucha arcoíris en cuyo alimento se adicionó harina de soya, maíz y/o harina de pluma.

Evaluar la eficiencia alimenticia y el coeficiente de crecimiento (TGC) de post-juveniles de trucha arcoíris alimentadas con 4 dietas formuladas en relación al uso de una dieta comercial que contiene 12 y 20% de harina de soya, 32% de harina de maíz y 7% de harina de pluma.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Dietas

La alimentación de trucha arcoíris consistió de dietas comerciales que se manufacturaron previamente en Elmira, región de la provincia de Ontario, Canadá. Se usaron cuatro diferentes tipos de dietas (Tabla. I) con características isoprotéicas e isoenergéticas.

Tabla I.- Formulación e ingredientes de dietas comerciales que se usaron para la alimentación de trucha arcoíris.

Ingredientes	FM 70 ^a	SBM 120 ^b	SBM 200 ^c	NSBM ^d
Harina de pescado	200	200	200	200
Harina de desecho avícola	200	200	200	200
Harina de soya	0	120	200	0
Harina de maíz	275	215	140	320.6
Harina de pluma	70	0	0	0
Aceite de pescado	110	120	120	130
Ácidos grasos de origen avícola	20	20	20	20
Harina de trigo	50	50	50	50
Salvado de trigo	49.6	49.6	47.6	50
Concentrado de proteína de pescado	5	5	5	5
Mezcla de Minerales (9504)	2	2	2	2
Colina 70%	3	3	3	3
Sales	3	3	3	3
Estabilizador C 25%	1.4	1.4	1.4	1.4
Vit. E 50,000	5	5	5	5
Lisina	6	6	3	10
Total	1000	1000	1000	1000

^a Harina de pluma al 7%, ^b Harina de soya al 12%, ^c Harina de soya al 20%, ^d harina de maíz.

4.2. Cultivo de organismos post-juveniles

En el primer ensayo del estudio durante 12 semanas organismos post-juveniles de trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss*, procedentes de Alma Aquaculture Research Station (AARS, Elora, Ontario, Canadá) con un peso inicial de 152 g pez⁻¹ se distribuyeron en cuatro tanques con capacidad individual de 633 L a una densidad de 28 peces. El sistema de cultivo presentó interconexión a otro de recirculación donde la materia fecal y alimento en exceso se removió mediante sifoneo, el flujo correspondiente al recambio de agua se mantuvo constante a 420 L h⁻¹, la temperatura del sistema de cultivo fue de 13°C ±2 °C y una razón de oxígeno superior al 80% del grado de saturación, la frecuencia de limpieza del sistema de cultivo fue de una vez por semana para remover materia orgánica que se fijo en las paredes de los tanques. El fotoperíodo fue de 12 horas luz y 12 horas de oscuridad. Las condiciones de cultivo para el mantenimiento de peces en cautiverio fueron de acuerdo al Canadian Council on Animal Care (CCAC, 1984) y University of Guelph Animal Care Committee. La alimentación de los organismos se realizó a las 9:00, 12:00 y 15:00 horas hasta aparente saciedad durante el tiempo de cultivo, cada 28 días se realizó biometría para determinar el crecimiento de los organismos en peso y evaluar los parámetros de crecimiento de acuerdo a protocolos del Fish Nutrition Research Laboratory de la University of Guelph, lugar donde se realizó el presente estudio.

4.3. Toma de muestras

Al término del periodo experimental de crecimiento, los peces se sacrificaron de acuerdo a las regulaciones del University of Guelph Animal Care Committee. Los organismos se les realizó una incisión longitudinal desde la zona antero superior hasta la antero posterior para obtener ambos filetes dorsales, para remover la piel presente en el filete se llevó a cabo otro corte de forma longitudinal entre el músculo y la piel. Ulterior a ello el par filetes de cada organismo se colocaron en una bolsa de polietileno con cierre hermético a la cual se le sustrajo el aire mediante una bomba de vacío para evitar degradación de tejido por acción del oxígeno, y se etiquetó para su posterior identificación. Para prevenir daño al filete, como producto de la formación de cristales de hielo en el tejido por acción del congelamiento, las

muestras se sumergieron en nitrógeno líquido durante un minuto y después se almacenaron a una temperatura inferior a los - 80 °C.

4.4. Análisis instrumental de textura

La evaluación del parámetro textural se llevó a cabo en las instalaciones del Meet Laboratory del Animal Poultry and Science Department de la University of Guelph por medio de un método físico, para el cual se utilizaron muestras de filete descongeladas. Por cada grupo de peces al que se suministro distinta dieta, se tomaron 10 pares de filetes para realizar medición en dos distintos sitios de cada filete con un analizador automático de textura (Instron Universal Testing Machine, Miami, Florida, USA). La muestra del filete se colocó en una base firme sobre el analizador, el cual se activó y se hizo descender un pistón con un grosor de 3 mm., la anterior se desplazó en forma vertical a una velocidad cercana a los 120 mm s⁻¹ que consecuentemente cortó al filete, durante la medición se registró la fuerza de resistencia en el momento de la compresión de la muestra.

4.5. Análisis instrumental de color

El color del filete se determinó con un método físico cuantitativo por el uso del colorímetro CR-200 (Minolta, Hilton Reimes, UK) en el Meet Laboratory, mediante el cual se hace pasar un haz de luz en tres distintos puntos del filete (10 pares de filete por dieta). Los datos de la medición se expresan en una serie de características dependientes de una propiedad intrínseca de la materia según su estado físico y el iluminador que se utiliza, los cuales se relacionan con curvas espectrales de sensibilidad que capta el ojo humano, este espectro se realiza frente a tres estímulos luminosos denominados L^* , a^* y b^* cuya correspondencia comprende la intensidad de iluminación emitida (azul), espectro aparente de rojo y amarillo respectivamente (Sancho *et al.*, 2002), estos valores solo reflejan aquellas longitudes de onda que emiten los pigmentos presentes en el paquete muscular.

4.6. Análisis sensorial

Se realizó una prueba del tipo triangular para evaluar el efecto en calidad que ejercen las distintas dietas que se ofrecieron sobre el filete de trucha arcoíris, dicha medida fue hecha de acuerdo a la normativa que establece el estatuto de calidad en la cata de pescado (ISO 4120 1983), el tipo de prueba consintió en presentar al catador tres muestras con previa codificación conveniente de las cuales dos fueron iguales y solo la tercera sin semejanza donde el catador debió identificar aquella que es distinta; se considera que esta prueba triangular presenta alto índice de discriminación y con mayor frecuencia es la que se utiliza para determinar la calidad sensorial en filete, es de fácil interpretación aun cuando se somete a tendencias, sesgos, predisposiciones y prejuicios propios del análisis sensorial.

4.6.1. Procesamiento del pescado y preparación del filete

Los peces utilizados para el análisis sensorial correspondieron a los remanentes de la evaluación de crecimiento, los cuales fueron alimentados solo con una ración por día. Estos peces se filetearon para obtener las porciones dorsales con piel, cada filete se seccionó en cuatro porciones (Figura 1), las muestras se envolvieron en papel aluminio, se codificaron con tres dígitos y se almacenaron a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ durante una noche. Posteriormente las porciones se cocinaron en horno convencional de gas LP durante 10 minutos a 150°C para obtener una cocción uniforme, enseguida las porciones se colocaron a temperatura ambiente durante 15 minutos para después presentarlas a los catadores.

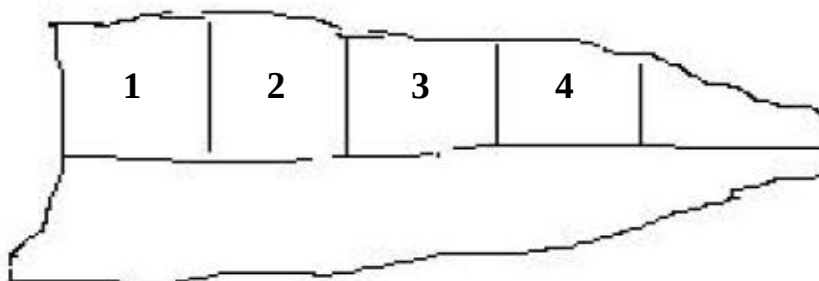


Figura 1 Esquema de las porciones obtenidas del filete de trucha arcoíris para presentar al panel de catadores durante la evaluación sensorial.

4.6.2. Prueba Triangular

Para llevar a cabo el análisis sensorial fue necesaria la organización de dos grupos o sesiones. Durante la primera sesión se cataron las porciones de tres peces alimentados con en las dietas FM70, SBM120, SBM200 y cinco porciones de filete de la dieta NSBM. Mientras que los integrantes de una segunda sesión cataron porciones de cinco peces con origen en las dietas FM70, SBM120 y SBM200.

El panel de evaluadores se conformó por 25 integrantes pertenecientes al personal administrativo y estudiantes del departamento Animal Poultry and Science de la University of Guelph quienes no recibieron capacitación para la prueba, por lo que su evaluación individual fue en base al empirismo. En la primera sesión participaron 12 evaluadores del género femenino y cinco del masculino; en la segunda sesión se contó con 13 evaluadores, seis mujeres y siete hombres. Durante cada sesión se presentó a los catadores tres conjuntos de muestras con previa identificación consistente de tres dígitos como se describe en la Figura 2. Los conjuntos de muestras contenían 2 porciones de una misma dieta y una tercera con origen distinto en orden aleatorio. Al asumir que una misma dieta se le denomina A y una porción de una distinta dieta que se encuentra dentro del mismo conjunto es B, se obtienen seis posibles combinaciones que pudieron ofrecerse (ABB; BBA; AAB; BAB; ABA; BAA) las cuales se sirvieron de manera al azar a los catadores.

Conjunto 1	894	969	706
Conjunto 2	382	495	989
Conjunto 3	411	585	304

Figura 2 Esquema de codificación para las porciones de filete que se presentó a los catadores durante la prueba triangular.

Los catadores que no lograron distinguir entre dos tratamientos, se les solicitó que eligieran una muestra como distinta en una decisión ineludible. Así mismo, se les requirió a los evaluadores mencionaran y describieran el motivo por el cual alguna muestra fue objeto de su elección en relación a factores como aroma, sabor, textura o características del producto.

Durante el análisis sensorial se omitió evaluar el color de las muestras ya que durante el procesamiento y preparación de las mismas, no reflejaron pigmentación o color visible diferente entre filetes. En el desarrollo de la prueba sensorial se brindó a los catadores, agua natural y galletas sin sal entre una muestra y otra para favorecer una adecuada cata. Las dos sesiones de evaluación se realizaron en el Fish Nutrition Research Laboratory que se acondicionó para dicho evento.

4.7. Eficiencia alimenticia

La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) de los grupos de peces (post-juveniles, juveniles) se calculó en función de la ganancia de masa corporal obtenida en 28 días y el consumo de alimento de acuerdo a Hardy y Barows (2002).

$$ECA = [ganancia(gr) / consumo(gr)]$$

4.8. Evaluación del coeficiente de crecimiento

El coeficiente térmico de crecimiento (TGC, por sus siglas en ingles) se determinó de acuerdo a lo establecido por Iwama y Tauz (1981) y Cho (1992), el cual corresponde a un coeficiente de crecimiento relacionado con la temperatura bajo la cual se desarrolló el cultivo.

$$TGC = [FBW^{(1/3)} - IBW^{(1/3)}] / [\sum_{i=1}^n (T_i \times D_i)] \times 100$$

Donde: FBW, corresponde al peso final de pez (g).

IBW es el peso inicial del pez. (g).

T_i es la sumatoria del valor de temperatura (°C) cotidiano.

D, es el número de días del periodo de cultivo.

4.9. Cultivo de Organismos juveniles

En el segundo experimento del estudio se evaluó solo el efecto de las dietas FM70, SBM120 y SBM200 sobre el crecimiento, eficiencia alimenticia y TGC en juveniles de trucha arcoíris. Organismos con un peso inicial de 9 g pez⁻¹ procedentes de AARS fueron distribuidos en 9 tanques con capacidad de 35 L y una densidad de 15 peces, que en las mismas condiciones y régimen alimenticio de organismos post-juveniles se mantuvieron durante 3 periodos (28 días periodo⁻¹) El consumo de alimento se registró de forma semanal con el propósito de estimar la eficiencia alimenticia y durante cada periodo, en el cual se realizaron biometrías, la masa de los peces se obtuvo por grupos para reducir la posibilidad de estrés y daño físico.

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.1. Análisis instrumental de color y textura

El análisis estadístico que permite hacer la comparación entre dietas para determinar diferencias a partir de los valores que resultan del análisis instrumental de color y textura establece de forma mínima la necesaria duplicidad de datos, por lo que, en base a lo que se estableció con anterioridad en este caso de estudio solo se observó la característica de color y textura presente en el filete de trucha arcoíris a partir de una réplica, de tal forma que resulta difícil aplicar cualquier modelo estadístico. Las mediciones de los atributos de color correspondieron a tres puntos distintos del filete (región antero superior, central y antero posterior) de trucha arcoíris, los datos arrojados fueron el promedio de dichos valores; de igual forma con el parámetro de textura, sin embargo, este se evaluó solo en dos regiones del filete (antero posterior y antero superior).

5.2. Evaluación sensorial

El análisis de los resultados en la prueba triangular fue hecho mediante comparaciones en aquellas identificaciones correctas y el número de respuestas esperadas de acuerdo a la cantidad de aciertos obtenidos al azar en relación al número crítico de aciertos descrito por Roessler *et al.* (1978).

5.3. Evaluación del coeficiente de crecimiento

El diseño experimental fue aleatorio simple en ambos ensayos del estudio. En el segundo ensayo los datos se sometieron a un análisis de varianza de una vía (ANOVA) con el uso del programa SigmaStat 3.5 y un nivel de confianza $p < 0.05$, para establecer diferencias significativas entre tratamientos se empleó el método de comparaciones múltiples de Tukey.

6. RESULTADOS

6.1. Análisis instrumental de color y textura

En función de la disponibilidad de solo una réplica por tipo de dieta comercial suministrada a peces de trucha arcoíris se presenta el valor promedio de las tres mediciones de color y textura (Tabla II) realizadas a 10 pares de filete obtenidos por cada tipo de dieta comercial.

Tabla II.- Valores de los parámetros de color y textura en el filete de trucha arcoíris alimentada con distintas dietas.

Dieta	Atributo			Textura
	L^*	a^*	b^*	
FM70	43.228	1.232	9.592	2.537
SBM120	41.695	2.008	7.697	2.559
SBM200	46.594	1.048	10.021	2.530
NSBM	43.023	1.768	10.315	2.184

L^* Intensidad de luz azul, a^* espectro aparente rojo y b^* espectro aparente amarillo.

Las mediciones del análisis instrumental de color reflejan valores promedios no próximos entre las dietas, sin embargo, lo anterior no enfatiza si existe diferencia estadística entre las mismas, no obstante, la evaluación efectuada para conocer el parámetro de textura arrojó valores semejantes entre las dietas (Tabla II).

6.2. Análisis Sensorial

En el transcurso de la evaluación correspondiente a la primera sesión, el grupo de catadores solo pudo discriminar el conjunto de porciones de filete de pescado que se alimentó por la dieta SBM120 y NSBM (Tabla III).

La diferencia significativa ($p < 0.05$) entre dichas dietas se determinó con 8 aciertos en relación a los 12 catadores. En el resto de las comparaciones no se

determinaron diferencias significativas ya que el número de aciertos fue inferior a 8.

Durante la segunda sesión de cata, la cual se integró por 13 miembros no se determinaron diferencias significativas en las comparaciones entre tratamientos de alimentación (Tabla III), donde se observó que las dietas comerciales suministradas presentaron similar efecto en la calidad de filete, no obstante la mayor diferencia fue observada con peces alimentados con la dieta SBM120 y NSBM respectivamente.

Tabla III.- Prueba triangular para determinar diferencia estadística entre características organolépticas de filete de trucha arcoíris (*Onchorynchus mykiss*) sometida a diferentes tratamientos de alimentación.

Sesión	Comparación	N° de catadores	N° de aciertos	Aciertos necesarios para establecer diferencia estadística		
				Nivel de significancia		
				0.05	0.01	0.001
1	FM70 vs. NSBM	12	6	8	9	10
	SBM120 vs. NSBM	12	8	8	9	10
	SBM200 vs. NSBM	12	7	8	9	10
2	FM70 vs. SBM120	13	5	8	9	10
	FM70 vs. SBM200	13	5	8	9	10
	SBM120 vs. SBM200	13	4	8	9	10

La descripción de la caracterización sensorial como aroma, sabor y textura de los filetes de trucha arcoíris con alimentación de las dietas SBM120 y NSBM200 que mostraron mayor diferencia en la prueba triangular se presenta en Tabla IV.

Tabla IV.- Caracterización sensorial perceptible del filete de trucha arcoíris alimentada con las dietas SBM120 y NSBM.

Dieta	Descripción		
	Aroma	Sabor	Textura
SBM120	suave		con jugosidad blando seco magro fibroso graso
NSBM	no agradable astringente	acidez ligera no apetecible humamico	muy jugoso blando untuoso consistente fresco

6.3. Parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles

El peso promedio inicial de los organismos post-juveniles fue de 152 ± 5 g. Al término del periodo de evaluación, los peces presentaron valores de 652 a 724 g pez⁻¹. La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) mostró valores de 0.92 a 1.09 y el coeficiente térmico de crecimiento (TGC) entre 0.29 y 0.31 (Tabla V).

Tabla V.- Parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles alimentados con diferentes dietas comerciales.

Dieta	Peso inicial g/pez	Peso final g/pez	ECA	TGC %
FM70	149	652	1.01	0.31
SBM120	160	624	0.92	0.29
SBM200	148	724	1.18	0.31
NSBM	154	652	1.09	0.31

Durante todo el periodo de cultivo la tendencia de crecimiento de todas las dietas se comportó de forma similar (Figura 3), sin embargo, en la fase final presumiblemente la dieta SBM200 mostró mayor tendencia de ganancia en peso.

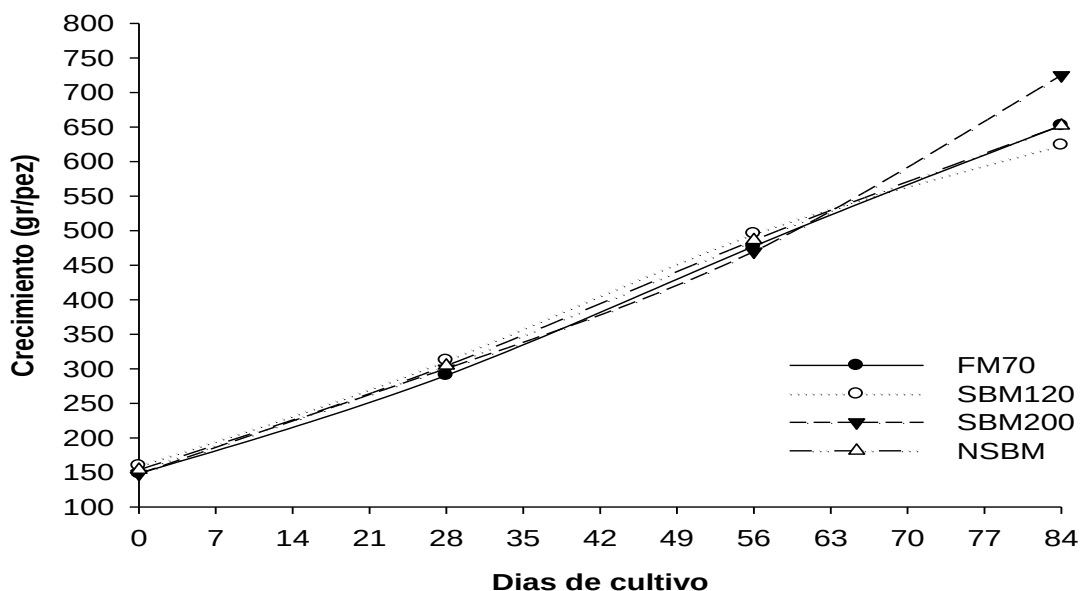


Figura 3.- Crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentada con dietas comerciales durante 84 días de cultivo.

6.4. Parámetros de crecimiento de organismos juveniles

Los peces juveniles presentaron un peso inicial que varió de 9.17 a 9.21 g pez⁻¹. Al final del periodo de cultivo el peso de los organismos, la ganancia en peso y el TGC no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre las dietas de alimentación.

La ECA mostró diferencias significativas entre las dietas ($p < 0.05$) donde FM70 y SBM120 presentaron los valores más altos y la dieta SBM200 el menor (Tabla VI).

Tabla VI.- Parámetros de crecimiento de organismos juveniles de trucha arcoíris alimentados con diferentes dietas comerciales.

Dieta	Peso inicial g pez⁻¹	Peso final g pez⁻¹	Ganancia en peso	ECA	TGC %
FM70	9.21± 0.08	63.70± 2.84	54.49± 2.80	1.08± 0.03a	0.21± 0.006
SBM120	9.17± 0.3	60.73± 3.39	51.55± 3.67	0.99± 0.05ba	0.21± 0.010
SBM200	9.17± 0.19	60.08± 1.80	50.90± 1.67	0.98± 0.02cb	0.21± 0.003

7. DISCUSIÓN

7.1. Análisis instrumental de color y textura

La composición de las dietas que se suministraron a los peces contenían la misma proporción de harina de pescado y harina de producto avícola; este último ingrediente se caracteriza por tener altos niveles de pigmentos como luteína, astaxantina y cantaxantina que son carotenoides característicos del maíz y que aportan el color amarillo (Skonberg, 1998); en el presente estudio, aunque no fue factible enfatizar diferencia estadística entre las dietas, los valores registrados para el atributo b^* fueron bajos (9.592 y 7.697) para las dietas FM70 y SBM120. En referencia al atributo a^* derivado de la primer dieta, que contenía además de harina de producto avícola, alto contenido de harina de maíz (28%) la cual en comparación con otras harinas vegetales es rica en carotenoides según concuerda con el valor del atributo a^* de 10.315 para la dieta NSBM; por su parte la dieta SBM200 presentó una composición de harina de maíz de 22% que quizá propició una disminución en el valor promedio del atributo b^* y aun cuando no se midió la concentración de carotenoides presentes en el filete, este resultado indicó un argumento contrario a los de Bjerkeng *et al.* (1997) quienes reportan que dietas cuya composición está compuesta a partir de proteína de soya en combinación con harina de maíz no interfieren con la absorción y depositación de pigmentos que otorgan características de color al filete de pescado; se esperaría que una dieta con mayor cantidad de harina de pescado presente un valor del atributo a^* más alto respecto a las demás dietas (de Francesco *et al.*, 2004), no obstante, al contener todas las dietas una concentración similar de este ingrediente, dicha cualidad se descarta y es factible sugerir que SBM120 registró el mayor valor de a^* en función de ingredientes como harina de soya (12%) y de maíz (22%) incorporadas para dicha dieta, ello se contrapone a resultados que encontró Hard (1992) quien describe que los pigmentos que otorgan la coloración roja al filete son las cantaxantinas, lo cual es coherente con otros estudios donde sustentan que los niveles de cantaxantina presentes en las harinas de naturaleza vegetal, en este caso soya y maíz, permiten también obtener una coloración rojiza del filete (Kaushik, 1995). Respecto al valor de L^* se reporta que este se incrementa con la presencia de mayor concentración de proteína de soya

(SBM200) y existe un decremento cuando dicha proteína se reduce (SBM120), por lo que se deduce que no existe diferencia estadística, ya que en general todas las dietas resultan con valores L^* superiores a los que se reportan para salmónidos ($\approx 35, 39$) cuando se incorpora proteína de soya (Kaushik, 1995, Bjerkeng, 1997; de Francesco *et al.*, 2004), ya que cuando se utiliza harina de maíz el mismo atributo aumenta a valores superiores a 50 (Skonberg *et al.*, 1998), lo cual no concuerda con el valor encontrado en el presente estudio para la dieta NSBM.

El parámetro de textura parece ser muy similar entre todas las dietas comerciales (Tabla III), incluso los valores observados en este estudio pueden indicar que no existe diferencia entre las dietas si se permite presentar relaciones indirectas a partir de otros estudios (Faergemand *et al.*, 1995) donde se concluye que la utilización de fuentes proteicas vegetales no interfiere sobre este parámetro (Diler y Gokoglu, 2004); sin embargo, no se tiene referencia de dietas con ingredientes de origen avícola que indiquen efecto en la textura del filete y en este caso es difícil establecer dicha relación pues este ingrediente se encontró en igual porcentaje para todas las dietas suministradas a organismos de trucha arcoíris en el presente estudio.

7.2. Análisis sensorial

La evaluación sensorial mostró diferencia significativa entre las dietas SBM120 y NSBM, ya que se ha reportado que las mezclas de ingredientes de distinta fuente vegetal no interfieren con las propiedades organolépticas del filete de pescado (de Francesco *et al.*, 2004), se esperaría que no existieran diferencias notorias entre las dietas como sucedió para la dieta FM70 y SBM200, sin embargo, al haberse encontrado diferencia estadística entre las dietas SBM120 y NSBM se propone que ingredientes como harina de soya y harina de maíz pueden incidir sobre las propiedades de sabor, aroma y textura cuando se incorpora en alto porcentaje en las formulaciones.

Es importante mencionar que el resultado final del análisis sensorial se pudo ver influenciado por factores alimenticios posteriores al periodo de

evaluación de crecimiento (84 días) ya que el suministrar alimento tan solo una ración por día pudo incidir en una disminución de ácidos grasos aprovechados como energía (Einen y Thomassen, 1998; Lie *et al.*, 2001), de ser así la primera característica a debilitarse sería el color debido a que los pigmentos se consideran grasas solubles que aportan al consumidor características de aroma, sabor y textura (Coello *et al.*, 1999), aún cuando estudios previos sugieren que el someter a organismos de trucha arcoíris a periodos de inanición de hasta dos meses no repercute en sus propiedades organolépticas (Johansson y Kiessling, 1991).

En el presente estudio las dietas FM70 y SBM200 no mostraron diferencia estadística en el parámetro de sabor, no obstante, la dieta SBM120 aportó al filete de trucha características de aroma y textura muy diversos (jugoso, blando, seco, magro, fibroso y graso) mientras que el contraste fue la cata sobre el filete de trucha alimentada con la dieta NSBM donde la característica del aroma fue astringente, sabor humamico, poco apetecible pero con cualidades de textura agradables al paladar en comparación con la dieta SBM120 (Tabla IV), fue posible notar que por la complejidad de evaluar el sabor se dificultó separar cualidades entre aroma y sabor ya que se encuentran estrechamente ligados (Sancho *et al.*, 2002); fue por ello que para la dieta SBM120 al percibir primero la característica del aroma como “suave” los catadores obviaron las cualidades de sabor (Tabla IV).

La diferencia estadística encontrada en nuestro estudio, denota una afectación sensorial debida quizá a los niveles de soya y maíz utilizados como fuente proteica, sin embargo, en otros estudios y con otras especies como *Diplodus puntazzo* (Hernández *et al.*, 2001), *Oreochromis niloticus* (Wu *et al.*, 1996) y *Sparus aurata* (Gomez-Requeni *et al.*, 2004; de Francesco *et al.*, 2007) no existieron diferencias estadísticas que permitieron sugerir cambios perceptibles en el análisis sensorial cuando se utilizaron fuentes alternas de proteína, aunque, si sugieren posibles cambios en la composición del perfil de aminoácidos disponibles (de Francesco *et al.*, 2007), y por consiguiente al existir cambios en dicho perfil es posible que se afecte la producción de saliva la cual es importante en el catador para discernir durante la evaluación del sentido del

gusto. En relación a la similitud que se encontró sobre el filete de los peces alimentados con las dietas comerciales, cabe recordar que se les solicitó a los catadores elegir de forma ineludible un filete de trucha y describirlo como diferente, además, argumentar el porqué de la diferencia, este hecho implicó necesariamente tener un punto de comparación entre un filete de trucha y otro, que a consideración del catador le resultara con mayor ó menor cualidad, de ahí que se considera a la evaluación sensorial como una prueba de alto sesgo y prejuiciosa.

7.3. Evaluación de los parámetros de crecimiento de organismos post-juveniles

El crecimiento de organismos post-juveniles se observó a partir de solo una réplica por dieta suministrada a organismos de trucha arcoíris, de tal forma que resulta improcedente hacer comparaciones, sin embargo, los valores ECA reportados (1.01, 0.92, 1.18 y 1.09) para todas nuestras dietas (FM70, SBM120, SBM200, NSBM) respectivamente, presentan similitud con otros estudios generados, en específico para salmónidos y en general para peces carnívoros cuando se incorpora en su dieta distintos niveles de proteína de soya y/o maíz (Kaushik *et al.*, 1995; Barrías y Oliva-Teles, 2000; Refstie *et al.*, 2000). Aún cuando en décadas recientes se han evaluado desechos avícolas como pluma, sangre, material óseo, en general los estudios se han enfocado a evaluar la digestibilidad de estos ingredientes (Bureau *et al.*, 1999), sin embargo, hace falta generar información sobre evaluaciones de ECA con ingredientes de este tipo, aún cuando la iniciativa privada ya manufactura dietas comerciales que se encuentran en su fase piloto, con ingredientes basados en desechos avícolas como la harina de pluma en combinación con otros de origen común como harina de pescado, soya y/o maíz.

El TGC de organismos post-juveniles de truchas presentó valores mayores que los reportados en estudios previos, los cuales reportan datos comprendidos entre 0.13 y 0.22 (Bureau *et al.*, 1999) al utilizar harina de pluma en la formulación de dietas para truchas; así mismo, los valores TGC del presente estudio (Tabla V) permiten suponer que este ingrediente es una fuente de proteína con posible potencial para dietas comerciales para peces.

7.4. Evaluación de los parámetros de crecimiento de organismos juveniles

Los valores ECA reportados (Tabla VI) se encuentran en el límite inferior recomendado por FAO para cultivo de truchas comprendido entre 1 y 3 donde este ultimo seria un valor de ECA deseable, sin embargo, se encuentran dentro del intervalo descrito en procedimientos de operación sobre prácticas de cultivo de truchas y salmones de la provincia de Ontario (lugar donde se efectuó el estudio) donde se consideran normales un valor mínimo de ECA hasta de 0.83 (Bureau *et al.*, 1999).

Así mismo, los valores de TGC reportados en el presente estudio no presentaron diferencias estadísticas y en adición, dicho coeficiente aumentó notablemente en comparación con previos estudios donde reportan valores de 0.13 y 0.22 del TGC al utilizar diversos productos avícolas como ingrediente en la formulación de dietas para trucha arcoíris (Bureau *et al.*, 1999).

8. CONCLUSIÓN

Las pruebas organolépticas no mostraron diferencia significativa en sus características sobre el filete de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Futuras pruebas de evaluación sensorial son necesarios para determinar la factibilidad del uso de harina de pluma en remplazo de proteína animal y/o vegetal.

Los valores ECA y TGC en organismos juveniles y post-juveniles de trucha arcoíris sugieren un buen desempeño de la proteína de origen vegetal (soya y maíz) en combinación con harina de pluma como alimento para trucha, al no existir diferencia estadística de estos parámetros, entre las dietas suministradas.

9. RECOMENDACIÓN

A partir del presente estudio, se recomienda realizar periodos de estudio desde una etapa juvenil hasta alcanzar la etapa comercial o preadulta bajo el mismo régimen alimenticio para evaluar de forma ideal las características organolépticas y de crecimiento.

En virtud de la necesidad de encontrar nuevas fuentes proteicas y energéticas por el sector comercial de la elaboración de alimentos para organismos destinados al cultivo, el presente estudio contribuyó parcialmente en conocer los efectos organolépticos del producto final (filete) al ser alimentados los organismos con fuentes alternas como los productos avícolas, soya y maíz, sin embargo, es necesario realizar otros estudios que complementen la presente investigación.

10. LITERATURA CITADA

- Andersen, U.B., M.S. Thomanssen y A.M. Bencze. (1997). Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Effects of diet, muscle, and fat content and time of Storage on Ice. *J. Sci. Food Agric.* 74 [347- 353].
- Barrias, C. y A. Oliva-Teles, (2000). The use of locally produced fish meal and other dietary manipulations in practical diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 31 [213– 218].
- Bjerkeng, B. (1997). Carotenoid pigmentation of salmonid fishes, recent progress.
- Bureau D.P. y K. Hua. (2008). Models of nutrient utilization by fish and potential applications for fish culture operations. En: *Mathematical Modelling in Animal Nutrition* (ed. by J. France y E. Kebreab), pp. 442-461. CAB International, Wallingford.
- Bureau, D.P. (2008). *Nutrition of Fish and Crustacea. Notes of General Courses.* University of Guelph, 232 pp.
- Bureau, D.P., A.M. Harris, D.J. Bevan, L.A. Simmons, P.A. Azevedo, y C.Y. Cho. (2000). Feather meals and meat and bone meals from different origins as protein sources in rainbow trout. *Aquaculture* 181 [281– 291].
- Burgeon, J., F. Lefevre y B. Fauconneau. (2003). Fillet texture and muscle structure in brown trout (*Salmo trutta*) subjected to long- term exercise. *Aquaculture Research* 34 [1287- 1295].
- Cho, C.Y. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100 [107-123].
- Cho, C.Y. y S.J. Kaushik. (1985). Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. En: *Nutrition and Feeding in Fish* (ed. Cowey C.B., Mackie A.M. y J.G. Bell), pp. 95-117. Academic Press. Londres.
- Coello, M.T., M.J. Sánchez, I.M. Vicario, F.J. Heredia y M. Martín. (1999). Assessing acceptability of eel (*Anguilla anguilla*) fed three different diets. *J. Sci. Food Agric.* 79 [2087-2093].
- Cowey, C.B. (1989). Alternatives to fishmeal and fish oil in feeds for fish. En Cho, Y. (ed.). *Special Symposium for Aquaculture and the Canadian Feed Industry.* Toronto. pp [14-19].

- Csirke, J. (1999). Retos para la pesca mundial de captura con posibilidades limitadas de expansión. Servicio de Recursos Marinos. Dirección de Recursos Pesqueros. Departamento de Pesca de la Sede de la FAO en Roma. <http://www.rlc.fao.org/prior/recnat/recursos/pesca/articulo.htm>
- Einen, O. y M.S Thomassen. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon *Salmo salar*: II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture* 169 [37–53].
- Embry, G.C. (1918). Results of some Trout-feeding Experiments, *Trans. Amer. Fisheries Soc.*, 48 [26–33].
- de Francesco, M., G. Parisi, J. Pérez-Sánchez, P. Gómez-Réqueni, F. Médale, S.J. Kaushik, M. Mecatti y B.M. Poli. (2007). Effect of high-level fish meal replacement by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growth and body/ fillet quality traits. *Aquaculture Nutrition* 13 [361-372].
- de Francesco, M., G.Parisi, F. Médale, P. Lupi, S.J. Kaushik y B.M. Poli. (2004). Effect of long-term feeding with a plant protein mixture based diet on growth and body/ fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 236 [413-429].
- Diler, I. y Gokoglu N. (2004). Investigation of the sensory properties of the flesh. *European Research Food and Technology* 219 [217-222].
- Dumas, A., J. France y D.P. Bureau. 2007. Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture* 267 [139-146].
- Dumas, A., C.F.M. de Lange, J. France y D. P. Bureau 2007. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 273 [165-181].
- Encarnação, P. (2005). Effect of diet composition on lysine requirement and utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Thesis for degree of Doctor Philosophy. University of Guelph. Canada, 214 pp.
- Faergermand, J., B. Rønsholdt, N. Alsted y T. Børresen. (1995). Fillet texture of rainbow trout as affected by feeding strategy, slaughtering procedure and storage post mortem. *Science Technology* 31 [225– 231].
- FAO. (2008). Servicio de Información y Estadísticas de Pesca y Acuicultura. Producción de acuicultura: cantidades 1950-2005. Organización de las

- Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oncorhynchus_mykiss#tcNC004C
- FAO. (2007). Servicio de Información y Estadísticas de Pesca y Acuicultura. Producción de acuicultura: cantidades 1950-2005. FISHSTAT Plus: Programa informático universal para series cronológicas de estadísticas pesqueras [en línea o CD-ROM]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>
- Glencross, B.D., M. Booth, y G.L. Allan. (2007). A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition* 13 [17- 34].
- Gomez- Requeni, P., M. Mingarro, J.A. Calduch- Giner, F. Médale, S.A.M. Martin, D.F. Houlihan, S. Kaushik y J. Pérez- Sánchez. (2004). Protein growth performance, amino acid utilization and somatotropic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 232 [493- 510].
- Hard, N. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International* 25 [289- 307].
- Hardy, R.W., Fornshell, G.C.G. y Brannon, E.L. (2000). Rainbow trout culture. En: R. Stickney (ed.). *Fish Culture*, pp. 716-722. John Wiley y Sons, New York, USA.
- Hernández, M.D., F.J. Martínez y B. Garcia-Garcia. (2001). Sensory evaluation of farmed sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). *Aquaculture International* 9 [519- 529].
- Hardy R.W. y T.F. Barrows. (2002). Diet Formulation and Manufacture. Halver J. y Hardy R.W. (eds). *Fish Nutrition*. Cap. 9 [505-600]. Academic Press. USA.
- ISO standard 4120 1983 ISO. Sensory analysis - Triangular test. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland.
- Iwama G. (1981). Desirable water quality for freshwater culture. En: *Fish Culture and experimentation of Fisheries Branch, Fish Culture Section*. Canadian Council on Animal Care. CCAC (Vol 2). Ontario, 208 pp.
- Johansson, L., A. Kiessling (1991). Effects of starvation on rainbow trout. *Acta Agric. Scand.* 41 [207–216].

- Kaushik, S.J., J.P. Cravedi, J.P. Lalles, J. Sumpter, B. Fauconneau y M. Laroche. (1995). Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 133 [257-274].
- Lie Ø. (2001). Flesh quality – the role of nutrition. *Aquaculture research* 32 [341-348].
- Moyano, F. J., G. Cardenete y M. De la Higuera. (1992). Nutritive value of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Living Resources* 5 [23- 29].
- Naylor, L.R. J. Goldberg, H.J. Primavera, N. Kautsky, M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, J. Mooney y M.H. Troell. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405 [1017-1024].
- Refsite, S., J. Korsøen, T. Storebakken, G. Baeverfjord, I. Lein y A. Rømo. (2000). Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 190 [49-63].
- Refstie, S., S.J. Helland y T. Storebakken. (1997). Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 153 [263-272].
- Roessler, E.B., R.M. Pangborn, J.L. Sidel y H. Stone. (1978). Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired-difference, duo-trio and triangle tests. *Journal of Food Science* 43 [940-943].
- Roth, B., T.M. Jonassen, A. Foss y A. Imsland. (2007). Change in flesh quality associated with early maturation of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture research* 38 [757- 763].
- Sigurgisladóttir, H., H. Hafsteinsson, A. Jonsson, Ø. Lie, R. Nortvedt, M. Thomassen y O. Torrisen. *Journal Food Science* 64 [99- 104].
- Smith, R., H.L. Kincaid, J.M. Regenstein y G.L. Rumsey. (1988). Growth, Carcass Composition, and Taste of Rainbow Trout of different Strains Fed Diets Containing Primarily Plant or Animal Protein. *Aquaculture* 70 [309-321].
- Skonberg, D.I., R.W. Hardy, F.T. Barrows y F.M. Dong. (1998). Color and flavor analyses of fillets from farm-raised rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low-phosphorus feeds containing corn or wheat gluten. *Aquaculture* 166 [269-277].

- Storebakken T., S. Refstie y B. Ruyter. (2000). Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. En: Drackley, J.K (ed). Soy in Animal Nutrition. 127- 170 pp. Federation of Animal Science Societies. USA.
- Storebakken, T. y H.K No (1992). Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture 100 [209-229].
- Tacon A. G. (1990). Standards methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. The Essential Nutrients. Argen Laboratories Press. Washington, 454 pp.
- Wu, Y.V., K. Warner, R. Rosati, D.J. Sessa y P. Brown. (1996). Sensory evaluation and composition of tilapia fed diets containing protein- rich ethanol coproducts from corn. Journal Aquatic Food Products Technology 5 [7-16].