

ACUACULTURA

PRODUCCIÓN DULCE ACUÍCOLA EN EL ECUADOR I

Juan Ortiz Tirado



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ACUACULTURA

Producción dulce acuícola en el Ecuador I

JUAN CRISTOBAL ORTIZ TIRADO

Acuicultura

PhD. Juan Cristobal Ortiz Tirado

Primera edición electrónica. Junio de 2015

ISBN: 978-9978-301-53-1

Revisión científica: Dr. José Rafael Rodríguez; Dr. Joan Sebastián Salas L.

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Grab. Roque Moreira Cedeño

Rector

Publicación autorizada por:

Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Edición y producción

David Andrade Aguirre

Diseño

Pablo Zavala A.

Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción de esta obra por cualquier medio impreso, reprográfico o electrónico.

El contenido, uso de fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias es de **exclusiva responsabilidad** del autor.

Los derechos de esta edición electrónica son de la **Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE**, para consulta de profesores y estudiantes de la universidad e investigadores en: <http://www.repositorio.espe.edu.ec>.

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE

Av. General Rumiñahui s/n, Sangolquí, Ecuador.

<http://www.espe.edu.ec>

Capítulo

1

ACUACULTURA

Generalidades y Conceptos fundamentales

De acuerdo a la FAO (1999), la necesidad de buscar alternativas para la alimentación del planeta, ha generado que el genio humano busque fuentes de proteína a bajo costo y alta productividad, requisito básico para la vivencia diaria y normal desempeño laboral. En el planeta se produce un promedio de treinta y nueve mil millones de TN de productos acuícolas, valorados en cincuenta y dos mil cuatrocientos millones de dólares aproximadamente. El flujo de divisas es grande y el efecto en la economía de los países del planeta es directo (Avault, 1995).

El crecimiento poblacional en el mundo es exponencial, lo que implica una extracción intensa de los recursos marinos y la aplicación de tecnologías productivas innovadoras para la generación de alimento y la supervivencia del ser humano. En la actualidad la población mundial es 6134,1 millones de personas, de las cuales 1193 millones corresponden a regiones desarrolladas y 4940,3 millones a países menos desarrollados. El crecimiento anual en el planeta es de 75 millones de seres humanos por año, en donde América Latina y el Caribe tienen una población de 569 millones de personas al 2008, con una proyección al 2050 de 805,6 millones de personas, con una tasa de crecimiento de 1,4 % anual (ONU, 2008).

La alimentación humana y animal dependen directamente de la extracción marina (75 millones TN/año) en un 66 y 33% respectivamente. El recurso marino es finito y en la actualidad está en detrimento por la contaminación ambiental, sobreexplotación y subutilización de recursos pesqueros, agotamiento y lenta recuperación de especies marinas, utilización de recursos agrícolas para suplir demandas de energía. Todo esto, ha provocado un resquebrajamiento en todos los procesos productivos agrícolas y pecuarios, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria del planeta. La ciencia y tecnología, también contribuyen con el desarrollo de explotaciones animales de una forma intensiva, pero se ven incapaces de cubrir la demanda suscitada por el incremento poblacional.

Para generar suficiente cantidad de alimento, requerimos diversificar y mejorar volúmenes de producción en el campo agrícola y pecuario. La

producción animal demanda dietas balanceadas que permitan mejorar ciclos y rendimientos productivos. La optimización de recursos permitirá que proyectos de esta índole puedan ser sostenibles y sustentables bajo las condiciones actuales.

Es menester conocer las necesidades humanas en proteína y energía para dar alternativas productivas. En este ámbito los requerimientos de proteína altamente digerible x día-1 para un ser humano (70 kilogramos en promedio), es de 70 - 80 g., generando 2900 - 3500 calorías. Bajo estos fundamentos la importancia de diferentes productos pecuarios que permiten mantener los requerimientos nutricionales, es de real trascendencia para la seguridad alimentaria de la región. (Tabla N° 1).

Tabla N° 1 Valor Nutritivo de los diferentes productos pecuarios por cada 100 gramos de carne.

Tipo	Proteína (gramos)	Grasa (gramos)	Carbohidratos (gramos)	Energía (calorías)
Res	18.0	21.0	0.0	266
Pollo	18.6	4.9	0.0	124
Huevos	12.9	11.5	0.9	163
Leche	3.5	3.5	4.9	65
Cerdo	10.2	52.0	0.0	513
Trucha	21.5	11.4	0.0	195

Fuente: USDA Agriculture Handbook N°8. Compositions of foods 1993 en Avault, 1995

Bajo estos antecedentes, la acuicultura es la alternativa viable para el suministro de proteína de excelente calidad y con características propias, materia altamente digerible 90 al 100%, y de sobre manera con altos contenidos de ácidos grasos poli insaturados (benéficos para el hombre). Los ácidos grasos esenciales del grupo linoléico y linolénico no pueden ser sintetizados por el organismo, y por tanto deben ingresar a través de las dietas alimenticias. Las posiciones de los dobles enlaces brindan propiedades fisiológicas derivadas de su metabolismo, permitiendo que la relación entre los dos grupos sea importante. Del grupo linolénico se obtiene ácido eicosapentaenóico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), mientras que del grupo linoléico se metaboliza el ácido araquidónico. Además de ser una fuente de energía, los ácidos

grasos poliinsaturados (AGPI) se incorporan a las membranas de las células, donde son precursores de los eicosanoides (prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos y leucotrienos), los que intervienen en procesos como la coagulación de la sangre, respuesta inflamatoria e inmunológica. Los efectos del consumo de los (AGPI) tienen consecuencia directa en la salud humana, especial énfasis en la salud cardiovascular. La carne de pescado contiene bajos niveles de colesterol comparado con la carne de chanco y res. Generalmente menor en 40 mg por cada 100 gramos (3.5 oz) de materia comestible (Carrera et al., 2005)

De las 20000 especies conocidas en los hábitat acuáticos de nuestro planeta, aproximadamente 1500 especies (Tabla N° 2), cumplen con las características fundamentales para que puedan ser cultivadas.

Tabla 2. Composición de una porción comestible, crustáceos, peces, moluscos, por cada 100 gramos de carne.

Especies	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbohidratos (%)	Energía (calorías)
Carpa común	18.0	6.2	-	-
Catfish (bagre)	17.6	3.2	-	-
Cangrejo, azul	16.1	1.0	1.25	81.5
Langosta de agua dulce	18.7	1.7	-	-
Anguila	18.0	17.3	-	246.0
Langosta	19.6	1.3	0.8	95
Camarón.	20.5	1.1	2.2	88.3
Camarón de agua dulce.	16.8	1.2	-	-
Salmón	21.5	5.7	-	-
Trucha.	22	11.7	-	-
Atún.	24.3	2.2	-	-
Tilapia	18.9	1.8	-	112

Fuente: American Fisheries Society, 1993, en Avault, 1995.

Aprovechando nuestra riqueza natural y ubicación geográfica del Ecuador, la región amazónica tiene una gran biodiversidad de especies nativas, que tienen oportunidades de cultivo controlado como:

Paiche, Pirarucú (*Arapaima gigas*): Pez amazónico perteneciente a la familia Osteoglossidae, que posee muchos caracteres primitivos. Es considerada una de las especies dulce acuícolas más grande del mundo con

tallas de 2 - 3m y hasta 200 kg de peso vivo. Madura sexualmente a partir del 4 y 5to año, con una capacidad de 15000 óvulos kg⁻¹ de peso. El ritmo de crecimiento en el primer año va de 8,4 - 10,1 g día⁻¹, y a partir de los 4kg de peso puede tener una ganancia de 14,1 g día⁻¹. Es un pez carnívoro por excelencia, con requerimientos altos de proteína animal, en donde la tilapia se la puede utilizar como pez forraje, abaratando los costos operativos para su desarrollo (Ulrich, 1986).







Cachama (*C. macropomum* y *P. brachypomum*). Peces amazónicos de excelentes características organolépticas, dócil para el manejo y adaptable a altas densidades de carga animal, que se cultiva en la franja oriental del Ecuador. Es una especie promissora para la acuicultura, con altos rendimientos productivos y bajos costos operativos, dado por sus características alimenticias. Pertenece a la familia Serrasalminidae, género *Colossoma*, en donde se incluyen tres especies. El *C. macropomum*, puede alcanzar tallas de hasta 90 cm con pesos de 30 kg, mientras que *C. brachypomum* tallas de 85 cm y 20 kg de peso.

C. macropomum es un pez omnívoro con preferencia alimenticia de frutas, semillas y la filtración de zooplancton. El pez adulto, es considerado un frugívoro por excelencia teniendo preferencia por semillas de *Hevea brasiliensis*, y se adapta fácilmente a dietas balanceadas con concentraciones del 18 -30% de proteína, preferentemente vegetal. El crecimiento en sistemas de monocultivo varía de 1, 5 a 2, 4 g día⁻¹ a una densidad de carga de 0,5 u m⁻². Resultados interesantes en la ESPE demuestran el manejo de Cachama en jaulas flotantes, con densidades de carga de 7 u m⁻³ y con ritmos de crecimiento de 1,1 hasta 1, 5 g día⁻¹ (Ortiz et al., 2005), estos datos son comparables con los trabajos de (TPA,1996). El factor de conversión varía de 2 hasta 4, pero considerando un pez de características omnívoras, los costos por alimentación son bajos. Tiene tolerancia, a la baja disponibilidad de oxígeno disuelto, con límites inferiores hasta 0,5 ppm.

Boquichico(*Prochilodus nigricans*). Pertenece a la familia Curimatidae, es un pez que se distribuye en zonas subtropicales y tropicales de la franja occidental en el Ecuador. Varias propuestas de desarrollo de la especie a nivel rural se encuentran en plena ejecución, como política de diversificación. Sin embargo es importante optimizar los paquetes tecnológicos completos, por

organismos competentes (universidades o centros de investigación dulce acuícola), para la sostenibilidad de la especie en las zonas de impulso. El boquichico, está descrita como una especie detritívora, la misma que tiene ritmos de crecimiento de 0,3 a 1,6 g día⁻¹, a densidades de carga de 1 u m⁻². Estos resultados dependen del tipo de manejo y disponibilidad alimenticia, así como el uso eficiente de las columnas de agua en sistemas de policultivo. Los rangos de proteína varían de 20 al 25 %, con un FCA de 2 a 3 (Ulrich,1986; Saltos, 2008).

Sábalo de Cola roja (*Brycon erythropterus*). Especie promisoría para el cultivo en la región oriental, la misma que puede crecer a un ritmo de 0,8- 2,0 g día⁻¹, con un FCA de 1,4 a una densidad de carga animal de 0,25 - 0,33 u m⁻³. Es un pez de características omnívoras, dado por su perfil enzimático, con requerimientos de proteína vegetal de 30 - 35 %. Al igual que la Cachama por sus características organolépticas es apreciado por los piscicultores locales, tolerando bajos niveles de oxígeno.

	
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<i>Colosomma macropomum</i>
	
<i>Cyprinus carpius</i>	<i>Bagre rayado</i>
	
<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Camarón tigre / camarón de agua dulce</i>

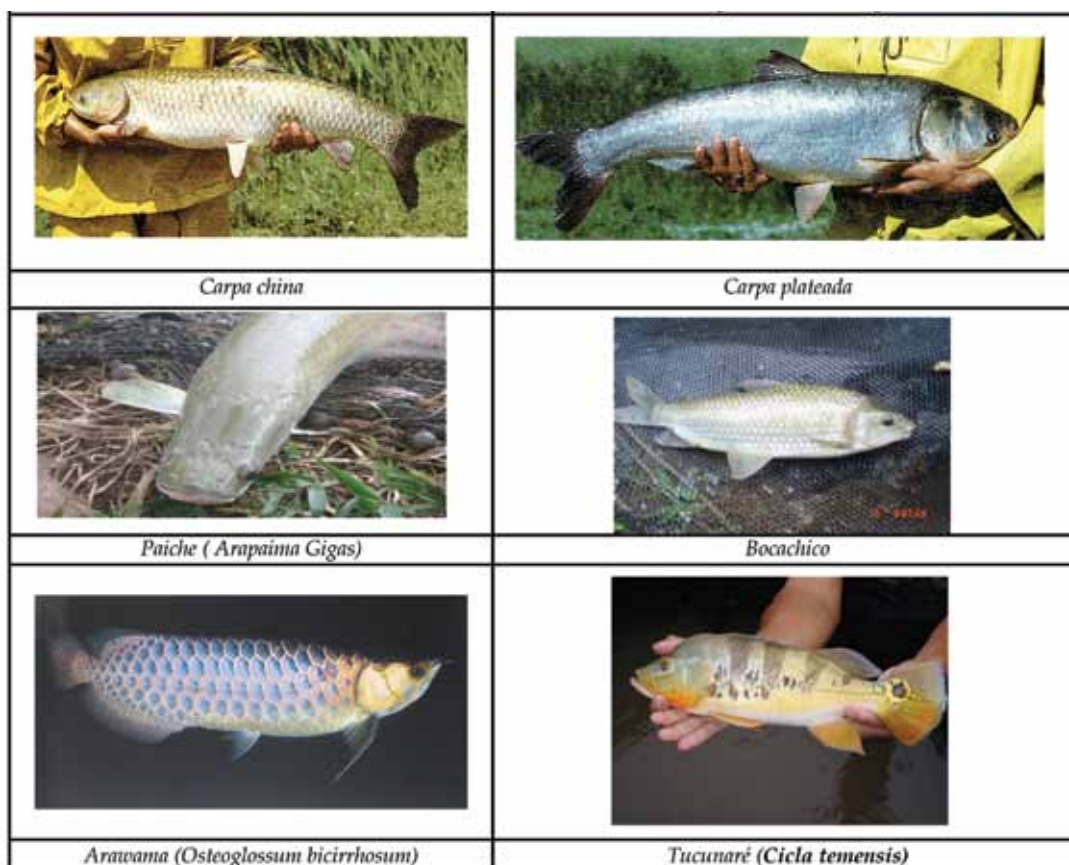


Fig. N° 1. Especies promisorias para el cultivo acuícola en el Ecuador.

La región interandina del Ecuador posee recursos hídricos ideales para desarrollar actividades productivas, permitiendo la diversificación de especies y mejorando los volúmenes de producción. Pocos investigadores han realizado estudios sobre diversidad íctica y manejo de cuencas (calidad y cantidad agua), destacando que mucho territorio permanece aun desconocido, como las estribaciones externas de la cordillera costera y oriental (Barriga, 1991). El hecho de que el agua no es un recurso inagotable ha cobrado especial relevancia en los últimos años y ha determinado la necesidad de valorar y conservar los recursos hídricos, haciéndose imprescindible el establecimiento de una red de vigilancia que permita la actuación inmediata cuando se produzcan aumentos significativos en los niveles de contaminación (Giacometti & Bersosa, 2001).

La actividad piscícola es una industria nueva y con mucho potencial en la producción de alimentos alternativos de alta calidad nutritiva, sin embargo

no recibe apoyo por parte de los organismos competentes a nivel nacional, y por ende la escasa oportunidad para la recopilación de información relacionada con aspectos sanitarios y productivos propios de esta industria (Ortiz et al., 2005).

Es así que nuestro país a pesar tener disponibilidad de recursos hídricos de calidad, no los aprovecha. En la región Andina, el caso de Chile, Colombia y Perú, en explotaciones de trucha arco iris, mantienen un ritmo constante de producción (199, 24 y 7 mil TN al año, respectivamente) y que contrastan con las producciones mantenidas durante el 2006 en Ecuador. De acuerdo a estadísticas productivas manejadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Acuicultura, las producciones de trucha arco iris es diferente por regiones: zona norte (512,2 TM), centro (218,1 TM) y sur (252 TM). Cabe recalcar, que el Ecuador tiene 209 criaderos, de los cuales el 92 % se encuentra operando activamente (Idrovo, 2008).

El propósito de este manual informativo es transmitir varias experiencias en el cultivo de especies dulce acuícolas al público en general y de esta manera, se tenga la oportunidad de generar una actividad productiva, aprovechando los recursos naturales disponibles en la geografía del Ecuador.

2. Concepto de Acuicultura, Objetivos, modalidades y tipos

La FAO define a la Acuicultura como la explotación de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. En este caso explotación implica cierta forma de intervención en el proceso de cría con la finalidad de mejorar la producción (FAO, 1999).

Teniendo un referente histórico poblacional y de producción con sus respectivas remembranzas financieras, los objetivos que se plantea la acuicultura son las siguientes: Producir alimentos de alto valor nutritivo para el consumo humano; contribuir a la creación de empleo e ingresos alternativos; mejorar la captura y proyectos de pesca deportiva; fomentar el cultivo de especies ornamentales con propósitos estéticos; mejorar el control de malezas acuáticas para evitar riesgos de plagas y enfermedades, tanto para la agricultura como para los seres humanos y fomentar de recuperación de los suelos agrícolas no utilizados. De acuerdo al Tratado de Piscicultura

Amazónico (1996), la producción acuícola puede ser considerada, como intensiva, semiintensiva y extensiva, en donde el tipo de producción, nivel de manejo y tecnología aplicada son preponderantes.

Acuicultura intensiva.- Para este sistema se requiere del control total en todas las etapas del proceso productivo, con un diseño adecuado en toda la infraestructura, controlando el ingreso y salida del agua. Se aprovecha el mínimo espacio, aumentando la producción por área de trabajo, suministrando dietas balanceadas que suplan las exigencias nutritivas y valores energéticos de la especie. Por ejemplo, a 2940 msnm, los rendimientos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) van de 10 - 45 Kg / m³; producción de catfish (Idaho EEUU), de 32 - 64 kg / m³. En camarón, se trabaja con densidades de 100000 - 400000 larvas/ha. ; En Tilapia con cargas superiores a 25 Kg/ m³. (Avault, 1995)

Acuicultura Extensiva.- Se la practica como una actividad complementaria a otras. Por ejemplo cuando se construye una represa con fines de riego, turismo, producción de energía eléctrica, etc. Se siembran peces con fines recreativos o de alimentación los cuales no reciben alimento complementario, siendo su fuente directa el alimento natural. Las densidades de carga son bajas, y las tareas están limitadas a la siembra y cosecha de peces. Existen muchas experiencias amazónicas bajo esta modalidad. En varios ríos, lagos, represas del Perú, se han reintroducido millares de alevines de gamitana , paco y boquichico y especies endémicas como el "paiche" , acoplando especies (exóticas) forrajeras para su alimentación, como la tilapia. En estos cuerpos de agua, los pobladores hacen pescas temporales para autoconsumo, y comercialización (TPA,1996).

Acuicultura semiintensiva.- se utilizan tanques con superficies manejables, en donde la característica principal es la impermeabilización de suelos. La alimentación balanceada es complementaria a la producción natural. Las densidades de carga son medias, por ejemplo en tilapia de 3 - 5 u/m³ con un recambio de agua del 10 - 15 % x día-1.

Bajo estas consideraciones, los procesos de cultivo tienden a manejar los recursos naturales con fundamentos sostenibles y sustentables de forma completa o por etapas productivas (incompleta)

Completo.- se refiere al manejo de todas las etapas de producción

en una determinada especie de cultivo, ejemplo: producción de camarón (L. vannamei): maduración de reproductoras, obtención, transporte, conservación y venta de poslarvas, cría y engorde de camarón). En tilapia: manejo de líneas de reproducción, obtención y reversión sexual de alevines, precría y engorde.

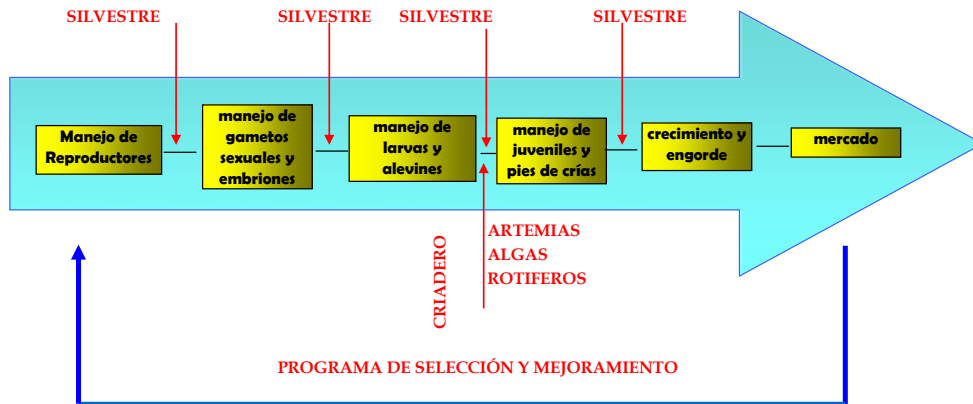


Fig. N° 2. Proceso de producción acuícola. Universidad de Ghent- Bélgica., 2004.



Fig. N° 3. Sistemas de producción acuícola.

Incompleto.- Es cuando manejamos los procesos de producción por etapas de cultivo, por lo general en trucha arco iris para alevinaje y reproducción requieren de aguas con temperaturas bajas y de excelente calidad, mientras que para engorde los meses de crianza se acortan en aguas más cálidas.

3. La acuicultura y ciencias complementarias

La oferta de harina de pescado en la actualidad es de 6.5 millones de TN, la cual no crecerá ó lo hará muy poco en los próximos años. Actualmente los requerimientos en la acuicultura son del 35%, calculándose que en diez años más superará el 50% de esta oferta (Hardy, 1999; FAO, 2000). Los requerimientos de aceite de pescado, como fuente de lípidos mayoritaria en dietas para acuicultura, se incrementan proporcionalmente al acrecentamiento de la actividad acuícola. Proyecciones al 2015 son de 1,9 millones de TN en el mundo, mientras que en la actualidad se llega a producir 1,2 millones de TN de aceite de pescado, dependiendo directamente de las condiciones ambientales como el fenómeno del niño, entre otros (Bautista, 2004).

Para dar solución a varios de estos problemas se ha desarrollado la acuicultura, en donde se acoplan otras materias correspondientes a ciencias de la vida, para mejorar y aprovechar eficientemente los cuerpos de agua e hidrobiontes. Ictiología, se encarga del estudio de los peces, su biología (reproducción, alimentación, espacio ocupacional, ubicación en la columna de agua, estados fisiológicos, etc), características de rendimiento y organolépticas. Ictiopatología, el conocimiento del conjunto de enfermedades que pueden atacar a las diferentes producciones industriales, su prevención y su curación. Maricultura, todo el proceso de cultivo de especies acuáticas a nivel de desembocaduras, deltas y aguas salobres.

Piscicultura, cultivo de peces, técnicas y manejo para el aprovechamiento de los procesos. Limnología, el estudio de los hidrobiontes existentes en la columna de agua, tanto en la superficie como en la base, fundamento sustancial para el cultivo semiintensivo en producciones industriales. Hidráulica, materia fundamental para la máxima optimización del espacio, correcto desarrollo de los individuos, y aprovechamiento sustancial de las velocidades del agua para una mejor contextura cárnica. Tratamiento

Postcosecha, fundamental para brindar el valor agregado a las especies, mejorar su conservación y procurar un mayor beneficio económico. Existen muchas otras materias, como química, fisiología, embriología, ecología, entre otros, son un aporte para el buen desarrollo de la Acuicultura.

De acuerdo al sitio de trabajo tenemos que emplear diferentes metodologías y técnicas, ya que cultivar especies acuáticas en ambientes controlados, dependerán del sistema geográfico en donde se las desarrolle. Por lo tanto podemos considerar la técnica piscícola como un conjunto de actividades para desarrollar un procedimiento, por ejemplo la reversión sexual de tilapia roja. Si acoplamos el conjunto de técnicas, se puede desarrollar una metodología de cultivo para una determinada especie, por ejemplo la reversión sexual y dietas balanceadas en estadios de levante.

Cada metodología puede desarrollarse en diferentes regiones geográficas, acorde a la tolerancia de la especie, por ejemplo: cultivo de trucha arco iris en la zona de Tandapi, 1500 msnm, T 18 °C; cultivo de trucha en la zona del Arenal, altitud 4000 m, 8 °C.

4. Características morfométricas y bromatológicas para considerar especies óptimas para el cultivo:

De acuerdo a Turchini 2005, y en función del contenido proteico, existen tres grupos principales que categorizan la elección de especie para cultivo: (1) Bajo en grasa (< 5%) y alto en proteínas (> 15%), bagre (*Ictalurus punctatus*), trucha (*Oncorhynchus myliss*), langostas (*Homarus sp.*), camarón (*Penaeus sp.*), atún (*Thunnus sp.*); (2) contenido medio de grasa (5 - 15%) y alto de proteína (5-15% y >15%) (Salmón (*Salmo salar*), trucha (*Oncorhynchus spp*), Alosa sp.), (3) contenido bajo en proteínas y grasas como las ostras (*Ostrea sp.* y *Crassostrea sp.*).

Sin embargo, Estévez, 1994 propone considerar otros aspectos trascendentes en el momento de elegir especies para el cultivo:

- Crecimiento rápido
- Facilidad en su manejo y cosecha
- Hábitos alimenticios adaptados a los organismos que produce el estanque.
- Compatible con otros organismos permitiendo los policultivos.
- Que pueda soportar densidades mucho más altas que en la naturaleza.
- Alcanzar un tamaño vendible antes de que se presenten en la reproducción
- Resistente a bajos niveles de oxígeno
- Se pueda reproducir en cautiverio por métodos artificiales y naturales
- Es aceptable al consumidor en sabor y apariencia.
- Que se alimente de un nivel inferior de la cadena alimenticia y /o que sea un buen convertidor de alimento a carne.
- Que acepte alimentos artificiales
- Que su producción sea rentable
- Que tolere las condiciones climáticas.
- Que la especie este disponible localmente.
- Que sea resistente a parásitos y enfermedades.

De acuerdo a estas características tenemos especies bien definidas y distribuidas en nuestro terruño de la siguiente manera: Región andina, desde los 1500 hasta los 4000 msnm, el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* y *salmo salar*). Región subtrópico, desde los 0 hasta los 1500 msnm (cachama, carpa, chame, lisa, tilapia y pequeños criaderos de bocachico, sábalo, camarón y langosta de agua dulce). En zonas tropicales encontramos una industria completa del cultivo del camarón (*Penaeus vannamei*) y Tilapia. Una de las zonas ricas en calidad de recursos y biodiversidad íctica, es la región Oriental permitiendo tener un cuadro alentador de especies promisorias como la cachama, paiche, sábalo, boquichico, tucunaré, camarón amazónico, entre otros.

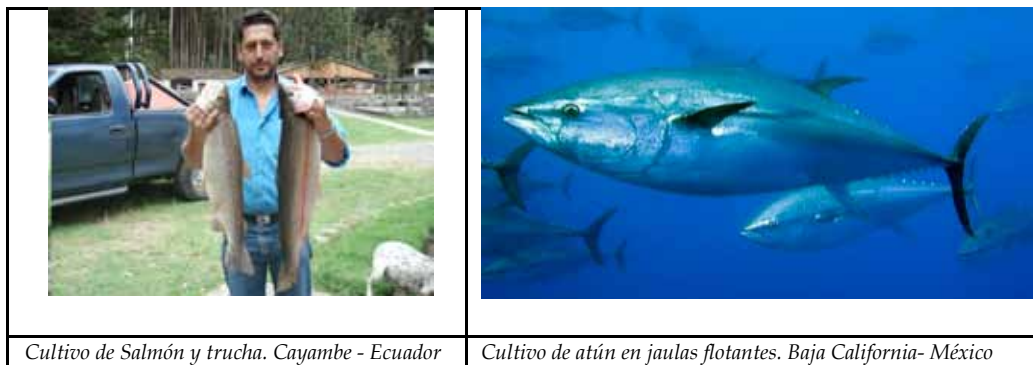


Fig. N° 4. Cultivo de salmón, trucha y atún bajo condiciones controladas

5. Especies acuáticas nativas en Latinoamérica

América Latina tiene una superficie de 21'069.501 km² y una población de 569 millones de personas, con un ritmo de crecimiento anual de 1,4 %. Esta región está conformada por 19 países y 8 dependencias, y en los últimos 30 años ha experimentando el mayor crecimiento de producción acuícola en el mundo. Para determinar el cultivo de las especies más relevantes en esta región, se consideraron datos estadísticos de la FAO desde 1950 hasta el 2008, considerando las diez especies más relevantes en aguas continentales y oceánicas por estadísticas históricas, valor y países productores de la región.

Cabe destacar que en el planeta existen 31 mil especies de peces, en donde 13000 viven en ecosistemas continentales. Específicamente 3000 pertenecen a la cuenca del Amazonas, muchas de las cuales cumplen con característica acuícolas idóneas para cultivo, poniendo en evidencia la megadiversidad íctica de la región (www.fishbase.org; Barriga, 1996; Ribadeneira, 2007).

Bajo estas consideraciones y por desempeño productivo histórico, generación de divisas, valor por producto, demanda interna -externa y calidad nutritiva, se han caracterizado grupos predominantes en la producción acuícola como: ciprínidos, salmónidos, cíclidos, siluros, characidos, peneidos, moluscos, entre otros, y que representan la producción acuícola mundial en la actualidad con el 3% del volumen global de acuicultura.

De esta manera, creemos conveniente hacer un análisis histórico y actual de la producción acuícola en América Latina, utilizando bases de datos

estadísticos de la FAO, disponibles en la web (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010>) con el siguiente procedimiento:

- a. Análisis de bases de datos estadísticas de América, considerando todos los países, ambientes, especies, desde el año de 1950 hasta el 2008.
- b. Eliminación de las estadísticas generales de América, grupos de especies acuáticas exóticas como: Salmónidos, Cíclidos como la tilapia, y ciprínidos como las carpas chinas en general.
- c. Eliminación de especies características de Norte América, como los bagres de canal y otros.
- d. Eliminación de especies de peneidos de Asia
- e. Eliminación de moluscos introducidos como la Ostra Japonesa y otros.
- f. Análisis por celdas condicionales de las 10 especies más representativas por producción, valor generado y valor por producto, en aguas continentales
- g. Análisis por celdas condicionales de las 10 especies más representativas por producción, valor generado y valor por producto, en aguas oceánicas.
- h. Análisis de la producción acuícola continental y oceánica en los 5 principales productores de latinoamérica.
- i. Interpolación y graficación de los datos analizados.
- j. Características biológicas de algunas especies amazónicas de interés comercial.
- k. Elección de especies nativas representativas, con los lineamientos de Truchini y Estevéz, así como los criterios anotados en la introducción.

Latinoamérica es considerado un continente mega diverso por unidad de área y rico en biodiversidad, la misma que es entendida como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidas, entre otros los ecosistemas terrestres, marinos y complejos ecológicos en el que se enmarcan la diversidad dentro de cada especie, entre especies y de los ecosistemas. Es una de las regiones que ha experimentado el mayor crecimiento relativo en producción acuícola en los últimos 30 años (Tabla 3)

Tabla 3. Producción mundial de productos acuáticos (TN) en los últimos 30 años.

	1976	1998	2008	Crecimiento (%)
Asia	3.500.000,0	35.814.902,0	62.442.864,0	1784,1
Europa	75.000,0	1.960.113,0	2.341.646,0	3122,2
África	32.000,0	188.970,0	955.237,0	2985,1
Latinoamérica	26.000,0	669.698,0	1.788.657,0	6879,5

Fuente: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010>

El componente acuícola en América Latina, significa un aporte extraordinario en divisas, permitiendo un ingreso de 7.752.773,00 millones de dólares y con una producción estimada de 1.788.657 (TN) en el 2008, en donde se identifica los mayores productores como: Chile, Brasil, México, Ecuador, Colombia, Honduras, Perú, Cuba, Costa Rica, y Guatemala (Tabla 4).

Tabla 4. Principales productores en América Latina.
Producción (TN) y valores USD (miles), 2008.

País	Volumen (t)	Valor(miles USA)
1 Chile	870.845,00	4.549.521,00
2 Brasil	290.186,00	608.329,00
3 Ecuador	172.120,00	765.297,00
4 México	151.065,00	531.449,00
5 Colombia	66.400,00	297.300,00
6 Honduras	47.080,00	224.139,00
7 Perú	43.103,00	297.855,00
8 Cuba	33.039,00	42.732,00
9 Costa Rica	27.771,00	86.718,00

Fuente: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010>

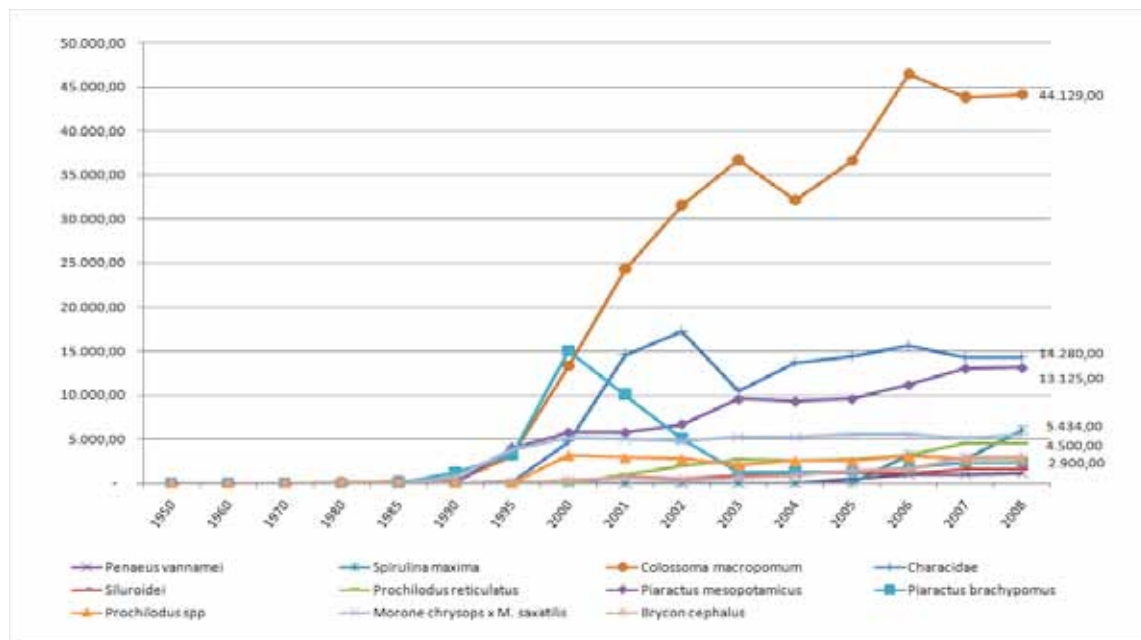
A nivel mundial la producción acuícola está representada principalmente por 6 grupos de productos acuáticos como: peces de agua dulce, peces diádromos, plantas acuáticas, peces marinos, moluscos y crustáceos.

En América, los grupos más significativos en cuanto a producción son los peces diádromos (32,77%), peces de agua dulce (26,02 %), crustáceos (21,91 %), moluscos (17,91%), plantas acuáticas (1,14%) y peces marinos

(0,26%) (<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010>).

Sin embargo varias de las producciones acuícolas más representativas están dadas por especies exóticas, las cuales tienen un amplio rango de tolerancia para muchos factores, lo que les permite distribuirse por todo el mundo. En Chile la producción de salmónidos representa el 72,1 % (627.950 t.) (www.salmonchile.com). En países de clima tropical, la producción de Tilapia Africana representa para Ecuador 21000 t., Colombia 27300 t. y Brasil 96000 t.

En Latinoamérica, *L. vannamei* como especie nativa de la costa del Pacífico representa una producción importante en todas las zonas, tanto en aguas marinas, estuarinas como continentales, y ha sido introducida en México, Cuba, Venezuela y Brasil, teniendo un impacto relevante en la última década en la costa atlántica con producciones sobre las 82000 TN.



En aguas continentales excluyendo especies introducidas en peces, crustáceos, moluscos y plantas acuáticas, se puede identificar 45 especies nativas que son un aporte a la producción acuícola continental desde 1950. Las especies más representativas pertenecen a la cuenca amazónica y son: *Prochilodus* spp, *Prochilodus reticulatus*, *Colosoma macropomum*, *Piaractus mesopotamicus*, *Brycon cephalus*, *Characidos*, entre otros.

La producción de *Colosoma macropomum* (44129 t) y characidos (14280 t) son dos de las especies nativas, de la cuenca amazónica que se destacan tanto por producción, como por ingresos de divisas. El principal productor es Brasil con 30600 t. y 14100 t. respectivamente (Fig.5)

Fig. 5. Comportamiento histórico (TN) de varia especies acuícolas Latinoamericanas más representativas en los últimos 50 años en aguas continentales.

Varias especies nativas de la cuenca Amazónica son muy cotizadas, sin embargo por problemas en el desarrollo de paquetes tecnológicos, no alcanzan niveles importantes de producción, como el Paiche (*Arapaima gigas*), con precios referenciales de 13 USD/kg y que en la actualidad se encuentra amenazada por presión de sobrepesca en la cuenca del amazonas (TPA,1996).

En aguas oceánicas se están cultivando 44 especies locales, destacándose la producción de crustáceos y mitílidos. La producción de *L. vannamei* en aguas estuarinas (239.937 TN) y marinas (194590 TN) son representativos en las costas del Pacífico Norte, mientras que en el Pacífico Sur la producción de *Mytilus chilensis* representa 187064 TN (Fig. 6).

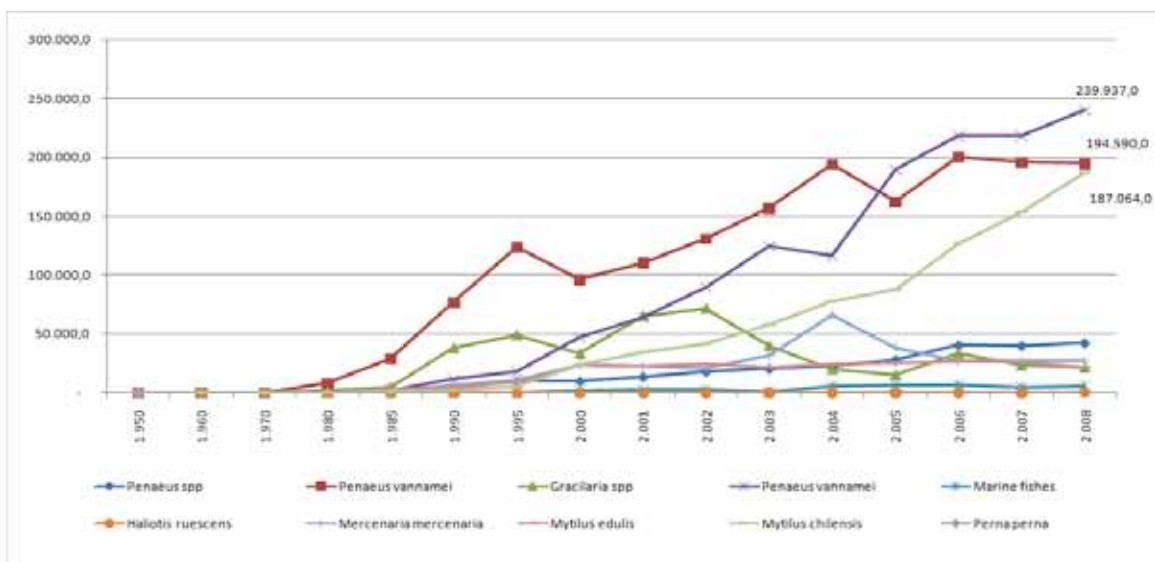


Fig. 6. Comportamiento histórico (TN) de varias especies acuícolas Latinoamericanas más representativas en los últimos 50 años en aguas oceánicas.

Otros grupos representativos son los peces marinos que representan 33 millones de dólares en ingresos, y valor por producto entre los 5 y 7 dólares /kg. Sin embargo la mayoría de especies marinas consumen altos niveles de proteína, lo que implica la búsqueda de alternativas alimenticias para la sostenibilidad de la Industria que recién empieza en varios países latinoamericanos como Chile (UCN,2009).

En países latinoamericanos las principales especies producidas por volumen e ingresos son: *Litopenaeus vannamei*, misma que se adapta adecuadamente en los ecosistemas acuáticos tropicales y son producidos por Ecuador, Brasil, Colombia, México, Venezuela, Cuba, Honduras, Costa Rica.

Especies con gran potencial por cumplir los lineamientos de Turchini y Estévez, son especies de la cuenca amazónica y están representados por las siguientes especies: *Colosoma macropomum*, *Prochilodus reticulatus*, *Piaractus mesopotamicus* y que se cultivan en Brasil, Venezuela, Colombia, Perú y Ecuador . Mientras que otros grupos de organismos acuáticos tanto de moluscos y algas están representados por *M. chilensis*, *Gracilaria spp* y *Argopecten purpuratus* producidos en Chile (Fig 7).

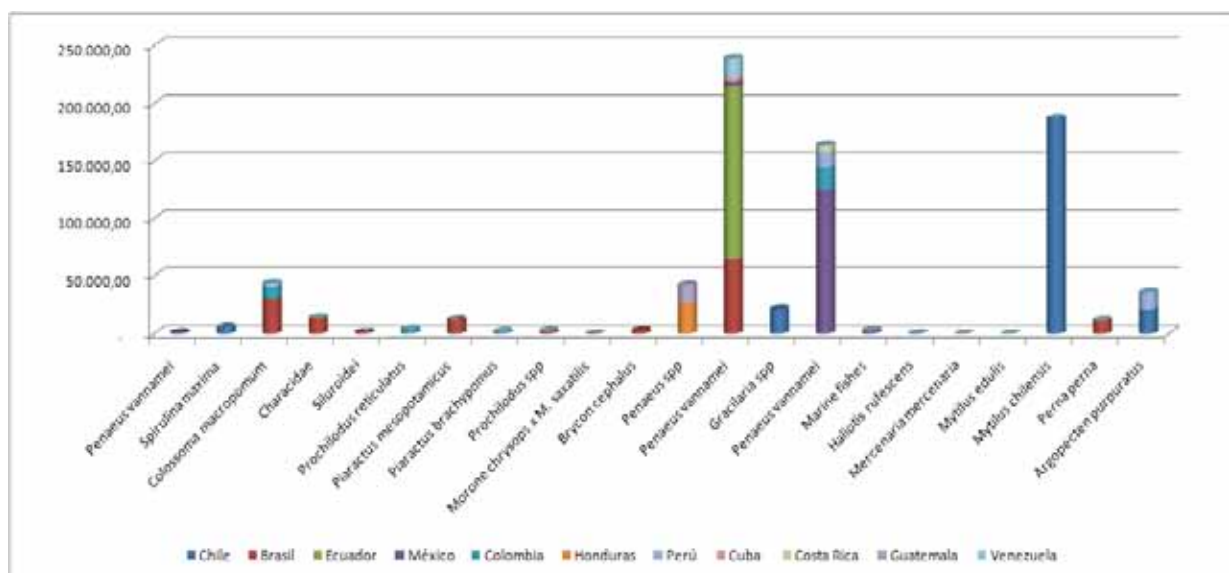


Fig 7. Producción (TN) de varias especies acuícolas nativas, más representativas en los mayores productores de Latinoamérica, al 2008.

En este contexto y como tema de discusión la acuicultura mundial en el 2008 alcanza el 50% de la producción de pescado a escala global, lo que

refleja un desarrollo sostenible del sector vs las pesquerías que han llegado a su máxima capacidad extractiva posiblemente por la oportunidad que le brinda el medio ambiente. Incluso en la última década por problemas de contaminación ambiental, sobre explotación pesquera y la lenta recuperación de especies comerciales hay una clara tendencia a la disminución del recurso. A nivel mundial la acuicultura es el sector alimentario de mayor crecimiento con un promedio anual del 8% y un crecimiento relativo en América latina del 6000% desde 1970. Esta es una clara diferencia a los crecimientos obtenidos por la pesca extractiva del 1,2 %, y en muchos casos con tendencia negativa en la última década. (Proyecto Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura TCP/URU/3101 Marzo 2008)

Todos los países de la región Latinoamericana, reportan algún tipo de acuicultura, aunque los países que representan el 80 % del volumen de cultivo son Chile, Brasil, México, Ecuador y Colombia. En ésta actividad participan más de dos millones de personas, generando un rubro importante de 7752 millones de dólares anualmente. (Proyecto Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura TCP/URU/3101 Marzo 2008)

El consumo percapita a nivel regional de productos pesqueros se mantienen en 13,6 kg, con alta variación intra regional, con menos de 1 kg en el altiplano ecuatoriano a más de 20 kg en las costas peruanas. El consumo en varios países de América es distinto, por ejemplo Perú (30 Kg), Chile (27 kg), Ecuador (13 kg). Cabe destacar que este indicador se sitúa por debajo del promedio global que es de 16 kg. Para el 2015 la población de América Latina podría consumir de 1 a 1,2 millones de toneladas anuales, lo que correspondería un incremento del 20%. El aumento estaría dado básicamente por el aumento de población y la disponibilidad de productos pesqueros en relación a las carnes rojas y su capacidad adquisitiva. (FAO, Plan Nacional de desarrollo, 2008)

Debido a la introducción de especies exóticas, nivel de intensidad y aumento de los volúmenes de producción, se encuentra en alto riesgo y erosión los recursos genéticos de animales en general. En Ecuador se han encontrado 1226 especies nativas (aprox.), que representan el 6,46% del total mundial. Dentro del número de especies por grupo taxonómico para cada ecosistema terrestre, se han caracterizado 642, muchas de las cuales

se encuentran en peligro de extinción, en especial en ecosistemas sensibles como la Región Oriental (Ecociencia & MAE, 2005). Muestra de ello es la pérdida de germoplasma íctico en el alto andino, como la preñadilla, un *Astroblepido* de las cuales existen 16 especies, siendo 15 endémicas (Ribadeneira, 2007, Simbioe, 2009). Para esto es importante generar planes a largo plazo para la conservación y producción de especies nativas. La FAO (2008), se encuentra apoyando la implementación de un plan mundial de acción en recursos genéticos los mismos que han sido apoyados con planes estratégicos por países como Chile y Colombia en el desarrollo tecnológicos de especies como la merluza austral, lenguado, bonito, palometa, cojinoba del norte, pargo, corvina, entre otros. Estos planes de acción son imprescindibles para la sostenibilidad y sustentabilidad del sector (UCN, 2009).

Muchas de las especies introducidas requieren altos gastos energía, involucrando, nuevamente, una presión al recurso marino por harina y aceite de pescado, y conduciendo a la insostenibilidad de la Industria acuícola. Bajo estas consideraciones y por la alta demanda de materia prima de primer orden para la creciente industria acuícola, especial potencial representan las especies amazónicas, las cuales son dependientes mayoritariamente de proteína vegetal y son altamente demandadas a nivel local e internacional. Además, con proyectos complementarios como el turismo se podría incentivar la Industria de la pesca deportiva, que en EEUU y Canadá generan rubros sobre los 16000 millones de dólares.

En Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador hay más de 64 especies, que se están cultivando, incluyendo una enorme variedad de peces nativos de la cuenca del Amazonas. Las principales especies son la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la carpa común (*Cyprinus carpio*) incluyendo la carpa cabezona (*Aristichthys nobilis*), la carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) y la carpa china (*Ctenopharyngodon idellus*) seguidas por peces redondos, paco (*Piaractus mesopotamicus*), cachama (*Colossoma macropomum*), su híbrido tambacu y los bagres nativos llamados turubim o cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). Algunas otras especies nativas tales como paiche (*Arapaima gigas*), sábalo cola roja (*Brycon cephalus*) y piraicanjuba (*Brycon orbignyanus*), han sido cultivadas con potencial promisorio. La acuicultura de moluscos

está principalmente representada por mejillones (*Perna perna*), seguida por ostras (*Crassostrea gigas* y *Crassostrea rhizophorae*) y vieira lonjua (*Lyropecten nodosus*). Los crustáceos están representados por el camarón patiblanco (*Penaeus vannamei*) y el langostino de río (*Macrobrachium rosenbergii*)

El cultivo de peces marinos se está iniciando en Chile, Brasil y México, teniendo especies promisorias como *Seriola lalandi*, meros (*Epinephelus* spp.) y róbalo (*Centropomus* spp.), róbalo blanco (*Centropomus undecimalis*), los falsos halibut (*Paralichthys* spp.), el pámpano amarillo (*Trachinotus carolinus*) y el pejerrey de Argentina *Odontesthes bonariensis* (www.fao.org/fishery/countrysector/naso_brazil/es#tcNA0064)

En México, se están explotando más de 40 especies acuáticas dentro de las cuales se pueden evidenciar: trucha arco iris, carpa (*C. carpio*, *Carassius auratus*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*), tilapia (*Tilapia rendalli*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis urolepis homorum*), bagre de canal, moluscos de diferente índole (abulón rojo, abulón azul, abulón amarillo, almeja arenera, almeja japonesa, mejillón, ostión virgínico, ostión japonés, ostión de placer, ostras perleras, concha nácar, madre perla, almeja catarina, almeja mano de león).

Un producto importante en la producción acuícola son los peces marinos como el atún: aleta azul, aleta amarilla, ojón grande o patudo, catán, jurel, medregal cola amarilla, jurel de castilla, lobina negra, peje lagarto, pescado blanco. En el cultivo de crustáceos tenemos camarón patiblanco, camarón azul, langosta de agua dulce, langostino pigua, langostino manos de carrizo, langostino de río. (Carta Nacional Pesquera, 2004). (http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_mexico)

En Chile el sector acuicultor, ha tenido el mayor desarrollo a partir de 1990, con una tasa de crecimiento del 19%, con volumen cosechado de 871 mil toneladas al 2008. Esto dado básicamente por la actividad salmonicultora, moluscos (105,3 mil toneladas) y las algas. (http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_chile).

6. Bibliografía

Avault J. W. en *Fundamentals of Aquaculture*. Ed (Baton Rouge, Louisiana, USA, 1996), pp. 1-39.

Barriga R. S. Lista de vertebrados del Ecuador, *Biología 3. Revista de información técnico científica EPN.*, 6, 1--3 (1991)

Carrera, J. J., Bautista, M.E., Baró L., Fonollá J. & J. Jiménez. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria* (1) 63-69

Estévez M. en *Manual de piscicultura*. Ed. (Monserrat, Universidad Santo Tomás, Bogota, Colombia, 1994), pp. 5-82.

FAO, 1999. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación
FAO, 2008. Reunión anual Uruguay. Proyecto Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura TCP/URU/3101 Marzo 2008).

FAO, 2010 http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_chile/es#tcNA0078 .Visión General del Sector Acuícola Nacional de Chile” [en línea]. n.d [Consulta: jueves 8 de abril de 2010]

FAO, 2010. “Tendencias de la producción acuícola perspectivas para la seguridad Alimentaria” [en línea]. n.d <http://www.fao.org/docrep/006/AC442S/AC442s37.htm> [Consulta: jueves 8 de abril de 2010]

FAO, 2010. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_chile/es#tcNA00D3 [Consulta: jueves 8 de abril de 2010]. “Contribución a la Economía” [en línea]. n.d “Diagnóstico sobre el estado de la acuicultura en América Latina y el Caribe” [en línea]. n.d.

FAO, 2010. <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es,2010> Fishbase. www.fishbase.org

J. Giacometti & Bersosa F., *Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Calidad de Agua en el Río Alambi*. Tesis de Doctorado en Biología, UCE (2001).

MAE, 2005. Ministerio de Medio ambiente del Ecuador. III Informe sobre la biodiversidad de las cuencas hidrográficas del Oriente Sur del Ecuador.

ONU, 2008. Informe anual del Fondo para la Población de las Naciones Unidas.

ONU, 2008. Informe anual del Fondo para la Población de las Naciones Unidas.

Ortega, Miguel. 2008. I Congreso de Acuicultura en Aguas Continentales del Ecuador. ESPE, 2008.

Ortiz J., Falconí R., Luna M. & Sala F. Evaluación y validación de Amaranto y quinua como ingredientes vegetales en la alimentación de trucha arco iris, *Ciencia*, 8 , 65--68 (2005).

Ortiz J., Falconí R., Luna M. & Sala F. Evaluación y validación de Amaranto y quinua como ingredientes vegetales en la alimentación de trucha arco iris, *Ciencia*, 8 , 65--68 (2005).

Ribadeneira José. Recursos ictiológicos de las cuencas hidrográficas de las cuencas orientales del Ecuador. Tesis de grado, UNL, 2007. pp 207.

Salto, Nestor. 2008. I Congreso de Acuicultura en Aguas continentales, ESPE 2008.

TCA. Piscicultura Amazónica con especies nativas. Secretaria Portempora, Lima -Perú, 1996. pp. 6-8

TPA. Piscicultura Amazónica con especies nativas. Secretaria Portempora, Lima -Perú, 1996. pp. 6-8

Turchini, M.; Mentaste, T., Caprino, F., Giani, I., Panseri, S., Bellagamba, F., Moretti, V. & F. Valfré. 2005. The relative absorption of fatty acids in brown trout (*Salmo trutta*) fed a commercial extruded pellet coated with different lipid sources. *Ital.J. Animal Science*. Vol 4, 241-252.

UCN, 2009. Universidad Católica del Norte. VIII curso de peces marinos, Coquimbo- Chile.

Ulrich Saint Paúl, 1986. Potencial for Aquaculture of South American Freshwater Fishes: A Review. *Aquaculture*, 54 (1986), 205 -240.

Capítulo

2

TRUCHA ARCO IRIS
(*Oncorhynchus mykiss*)

a. Biología de la especie

Los procesos de crianza de salmónidos han sido desarrollados en el tiempo, permitiendo obtener una alta productividad. Dentro del orden de los salmoniformes son varias especies que se pueden cultivar: trucha de arroyo (*Salvelinus fontinalis*), trucha marrón (*Salmo trutta*), salmón del atlántico (*Salmo salar*), trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), entre otros.

La trucha arco iris en nuestro medio fue introducida por los años de 1935 con fines de repoblación, lográndose estandarizar las técnicas productivas por los años de 1980. La capacidad productiva anual a nivel mundial, es de 250000 TN, convirtiéndose Chile el principal productor, seguido por Dinamarca y Finlandia. Para el año 2007, se estima que el Ecuador obtuvo una producción de 946 TN (CENIAC, 1999).

En estado libre esta especie puede alcanzar notables dimensiones de 50 - 70 cm y pesos de 4 - 5 kilogramos, aunque la preferencia para comercialización es de 200 a 300 gramos unidad. La trucha arco iris muestra una mayor docilidad a la cautividad, tolerancia y adaptación a densidades poblacionales, con menor comportamiento agresivo que otras especies. Tiene un amplio margen de adaptación a la temperatura del agua y a diversas condiciones ambientales de los recintos artificiales en donde se encuentra confinada. Según Blanco (1995), taxonómicamente la trucha se encuentra clasificada de la siguiente manera:

Orden:	<i>Salmoniformes</i>
Familia:	<i>Salmonidae</i>
Genero:	<i>Salmo</i>
Especie:	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha arco iris)

b. Anatomía.



Fig. N° 1. Trucha arco iris

La trucha arco iris tiene una forma aerodinámica fusiforme, posee dos aletas pares y tres impares, además del pedúnculo caudal, sus funciones son estabilizadoras, de timón y freno; la aleta adiposa no tiene una función definida. Por lo general posee de 28 a 29 vértebras unidas por tejido conjuntivo. Las primeras vértebras están unidas con la parte posterior del cráneo lo mismo que las aletas pectorales (Blanco, 1995).

El sistema digestivo está formado por la boca que posee dientes que no le sirven para masticar sino para capturar sus presas; esófago, estómago en forma de U dilatable; el intestino delgado con los ciegos pilóricos, el intestino grueso y el ano, su intestino en general es corto, característico de los peces carnívoros. Ligado con el sistema digestivo hay dos glándulas de gran importancia, el hígado y el páncreas. La primera transforma las moléculas transportadas por la sangre en carbohidratos y grasas. Junto al hígado, en la parte superior, se encuentra la vesícula que facilita el desdoblamiento de alimentos en el intestino. La segunda glándula es el páncreas que produce las enzimas pancreáticas y la insulina que controla el metabolismo de los azúcares (Blanco, 1995).

El sistema reproductor está compuesto por ovarios en las hembras y testículos en los machos, localizados en la parte superior de la cavidad abdominal. El producto de los órganos sexuales sale al exterior por el poro urogenital. La hormona que controla la madurez sexual es la pituitaria. El riñón es un órgano alargado, oscuro, colocado por debajo de la espina dorsal, se extiende desde la parte posterior de la cabeza hasta el ano, contiene los glomérulos que forman los uréteres y se conectan a la vejiga urinaria. El filtrado sanguíneo pasa a través de los glomérulos y los uréteres de la vejiga urinaria que vierte los residuos al exterior a través del poro urogenital (Blanco, 1995).

c. Condiciones Medio ambientales

Son peces de aguas frías, cristalinas, puras, con buenas corrientes y excelente oxigenación. El grado de tolerancia a la temperatura es de 6 - 20 °C. Las truchas son peces poiquilotermos, lo que significa que la temperatura del agua, es la misma que tiene el pez. Los cambios bruscos de temperatura son mal tolerados. Bajo estos fundamentos, se recomienda manejar temperaturas

de 6 - 11 °C para reproducción, incubación y primer alevinaje; a estas temperaturas obtendremos un excelente formación de órganos internos y compactación de vértebras, los porcentajes de supervivencia son altos y los rendimientos a futuro, buenos. La necesidad de manejar proyectos rentables, implica procesos de crianza con ciclos cortos de producción. En el caso ecuatoriano es obtener individuos comerciales de 26 cm. de longitud con pesos de 250 gramos. Para esto se recomienda temperaturas superiores a 11°C. Las temperaturas óptimas son de 15 °C para el engorde y crecimiento.

Tabla N° 1. Parámetros fundamentales para el cultivo de la trucha arco iris.

Factores	Unidades	Normal	Dudoso	Peligroso
Temperatura del agua.	°C	< 20 ° C	20-22	22 y más
Oxígeno disuelto.	%	= < 80 %	50-70%	50%
pH	pH	6<pH<9	pH<6.0 pH>9.2	pH< 5.5 pH>9.5
Conductividad a 20 °C	Siemens (uS)/cm	20-500	500-600	>600
Alcalinidad en (HCO ₃)	mg/l	Débil 8 -60 Fuerte > 400		
Calcio	mg/l	Fuerte 60-200		
Sulfatos en (SO ₄)	mg/l	0-50	50-100	> 100
Acido sulfhídrico		-	+	++
Nitratos en (NO ₃)	mg/l	débil 0-10, fuerte 11 o más		>++
Nitritos en (NO ₂)	mg/l	0-indicios 0.001	0.1	≤1
Amoníaco	mg/l	0- indicios 0.001	0.01-0.4	≥1
Cloruros en (Cl) sin influencia del mar)	mg/l	Indicios -20	20-50	> 50
Materias en suspensión	mg/l	> 30	30-70	> 70
Anhídrido Carbónico (CO ₂)	mg/l	> 20	12-20	> 20
Oxibilidad en frío, en 4 h	mg/l	1-2	2-5	> 5

Fuente: Blanco, 1995

La trucha es un pez que requiere altas concentraciones de oxígeno como gas disuelto, a una tasa de saturación del 70 al 100%. El contenido de oxígeno depende de otros factores (temperatura, altitud, salinidad). El oxígeno es un

factor limitante de producción de trucha, ya que define la carga de peces por área de trabajo y unidad de tiempo. El pH en el medio natural debe mantenerse en niveles de 6,5 - 8,5, idóneo para mantener un equilibrio entre las concentraciones de CO₂ y HCO₃

El control estricto de otros parámetros químicos - biológicos que podrán encontrarse en el agua para el éxito de los procesos de crianza deben ser perfectamente analizados (Tabla N° 12).

d. Alimentación

Es un pez eminentemente carnívoro, su fisiología digestiva esta en función del tipo de alimento que va a digerir. En la naturaleza se alimenta de presas vivas como: Amphipoda (canicani) , Chinaramidae (larva de mosquito), Cladóceras (pulga de agua), Copépoda (pulga de agua), Ostrácoda (pulga de agua), Moluscos (caracoles y conchas), Hirunidea (sanguijuela), insectos Acuáticos.

Los requerimientos nutricionales son altos, y al momento de sustituir la fuente natural y elaborar un alimento alternativo o balanceado, se debe cumplir con las demandas nutricionales y energéticas en cada etapa de producción.

La proteína debe ser de origen animal altamente digerible, manteniendo un perfil aminoacídico con los diez aminoácidos indispensables como: lisina, metionina , triptófano , treonina entre otros y en concentraciones adecuadas.

e. Reproducción

La reproducción de trucha es sexual, en la cual intervienen hembras y machos. Los órganos reproductivos de la hembra están representados por ovarios (gónadas) y en machos por los testículos. El período de reproducción está regulado por varios factores: aguas frescas, bien oxigenadas; temperatura de 6 - 11° C; luminosidad de 0 - 20 lux; oxígeno disponible a saturación (80%), cantidad y calidad de alimento. En el grupo de salmoniformes, la trucha es considerado un pez de reproducción cíclica, es decir que posee varios períodos de reproducción.

Tabla N° 2 .Caracterización Bioquímica de los reproductores de trucha arco iris y sus gametos sexuales (%)

	humedad	materia seca	materia húmeda	materia seca		
Material	%	%	proteína	grasa	proteína	grasa
Investigado	HEMBRAS					
Cuerpo	79,55	20,45	11,68	6,4	57,11	31,33
músculo	82,85	17,75	13,64	2,37	76,81	13,36
óvulos	61,79	38,21	27,47	3,84	71,89	10,05
	MACHOS					
Cuerpo	81,08	18,92	11,11	5,92	58,74	31,25
músculo	79,93	20,04	15,76	2,46	78,64	12,26
Esperma.	92,16	7,84	6,28	0,68	80,78	8,67

La hembra madura sexualmente a partir del II -III año de vida, (depende del medio y temperatura en donde se encuentre), con una capacidad productiva relativa de 2500 óvulos por kilogramo de peso vivo. Sin embargo el objetivo de operación, es manejar una capacidad promedio productiva de 1200 - 1500 óvulos por kilogramo de peso.

				Productividad, unidades de óvulos				
Edad (años)	Peso (g)	Longitud (cm)	Condición corporal	media	máxima	Por 1 Kg. De peso	Diámetro (mm)	peso (mg)
2	450	32	1,40	1.600	3.300	3.600	3,7	23,5
3	1.050	42	1,43	2.700	4.300	2.500	4,59	44,7
4	1.400	47	1,32	3.500	5.500	2.500	4,85	50,8
5	1.800	52	1,23	4.000	5.700	2.200	4,97	52,5
6	2.400	58	1,18	5.600	7.100	2.100	5,54	70,2

Tabla N° 3 .Características de los gametos en hembras de trucha arco iris
Productividad, unidades de óvulos

La trucha tiene dos ovulaciones anuales, sin embargo el productor aprovecha la primera, debido a la baja productividad en la segunda ovulación. La formación de óvulos pasa por varios momentos, desde el prematuro hasta la maduración; este último se puede adelantar gracias al efecto luz. Es

posible detectar el momento en que los óvulos están maduros por palpación del vientre de la hembra y listos para ser fecundados.

El macho madura sexualmente entre los 9 y 12 meses de edad, con una capacidad de 4,5 - 9,5 millones de espermatozoides /mm³. La formación de nuevos gametos sexuales está entre los 15 - 25 días, por lo que la vialidad de un reproductor macho se estima de uno a dos años.

Tabla N° 4. Características de los gametos en machos de trucha arco iris

Edad (años)	Peso (g)	Longitud (cm)	Condición corporal	Movilidad espermatozoides (s)	Concentración espermatozoides. Mill.Uni./mm ³	Fertilidad (%)
2	373	30,20	1,31	31,30	9,50	69
3	760	40,20	1,33	34,80	6,40	87
4	1.215	46,40	1,23	37,10	7,10	92,70
5	1.500	50,50	1,19	33,30	5,40	90,00
6	1.900	55,30	1,12	31,90	4,70	80,70

La relación machos hembras en los períodos de reproducción es de 1:3 a 1:4. Una de las características interesantes en este período es la presencia de dimorfismo sexual en individuos adultos. (Tabla N° 1)

Tabla N° 5. Dimorfismo sexual en trucha arco iris.

	□ HEMBRA	□ MACHO
Maxilares	Dos maxilares iguales	Boca grande puntiaguda
Musculatura	Suave	Rígida
Abdomen	Blando	Duro
Porro genital	Prominente	No prominente
Color nupcial	Normal.	Negrusco
Forma del cuerpo	Redondeada	Delgada
Dientes	No muy agudos	Agudos

La obtención de óvulos y espermatozoides se puede realizar de forma manual, utilizando un sistema unipersonal o bipersonal. Los gametos se obtienen a través un masaje suave en la región ventral, desde el cuerpo medio hacia el ano. Ya sea que se utilice el sistema unipersonal o bipersonal, se debe cuidar siempre los parámetros productivos de los reproductores (fertilidad de gametos, diámetro de óvulos y movilidad de espermatozoides). El número de óvulos obtenidos se determina por pesaje.

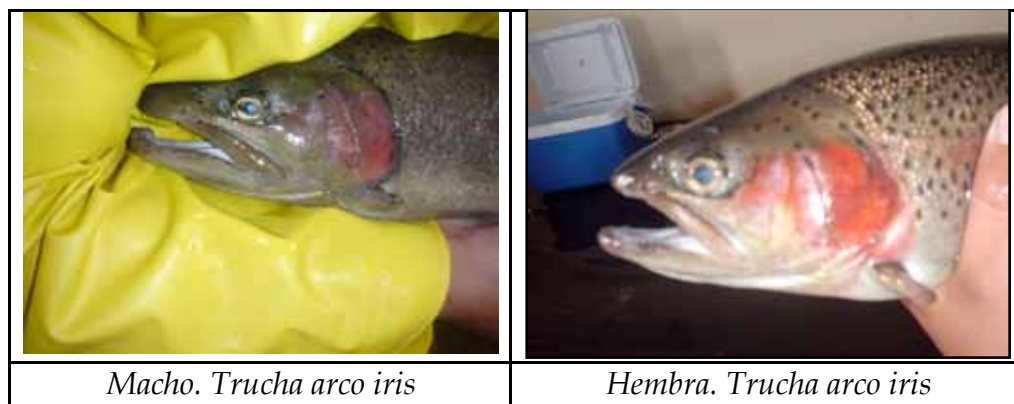


Fig .Nº 2. Trucha arco iris.

Para la formación de embriones se utiliza la técnica seca. La activación de los gametos sexuales masculinos se realiza en medio acuoso y consiste del siguiente procedimiento:

1. Obtención de óvulos en un recipiente seco y esterilizado.
2. Obtención de semen.
3. Premezcla en ausencia de agua con una plumilla de ganso (evita daños en la membrana).
4. Añadir agua para activar los espermatozoides y ayudar a que estos se distribuyan en la mayor cantidad de óvulos hasta que encuentren el micrópilo y se realice la fecundación.
5. Retirar impurezas
6. Agregar agua en un volumen superior en dos o tres veces al ocupado por los óvulos fecundados.
7. Poner en bandejas de incubación con luminosidad de 0 lux.
8. Llevar a las piscinas, bien oxigenadas (>70%).

	
Machos y hembras de trucha arco iris	Extracción de ovas
	
Ovas de trucha	Extracción del líquido espermático
	
Mezcla de gametos sexuales	Reposo e incubación
	
Piscinas tipo Shuster para organogénesis	Piscinas alevineras.

Fig. N° 3. Técnica seca de Reproducción de trucha arco iris.

El proceso de órgano génesis está marcado por un sin número de eventos, los mismos que se detallan a continuación:

Los óvulos de *Oncorhynchus mykiss* son de forma esférica, con un peso medio de 0.079 g y 5.3 mm de diámetro. Está formado por una membrana externa llamada corión, citoplasma en donde se aprecia una gota oleosa en su interior y el núcleo. Una vez fecundados los gametos inician su proceso de división celular.

A las 6 horas se observa el inicio de la segmentación del vitelo (Figura 5). A las 24 horas se aprecia el inicio de la mórula, la segmentación es más nítida cerca del polo animal y difusa hacia el lado contrario (Figura 6). Transcurridas 48 horas, se da la formación de la blástula, se observa el avance del blastodermo hacia el polo animal, que dará lugar a la formación del embrión (Figura 7).

La gástrula inicia a partir de los 8 días, durante este proceso se evidencia el engrosamiento del escudo embrional (Figura 8). El escudo embrional es una masa de células en forma de campana que prolifera hacia dentro, desde el margen del blastodisco, formando el eje del embrión. Adicionalmente, se hace evidente una pigmentación puntiforme y uniforme sobre el vitelo (Bustos, et al., 2005). Alrededor de los 15 días se inicia la formación de la neurula (Figura 9), esta fase se llama así debido a que se inicia la formación del sistema nervioso (Idrovo, 2008; Com. personal).

A partir de los 20 días se aprecia la formación del embrión completo (Figura 10, 11), este periodo se denomina oculación o fase de ojos visibles, tiempo en el cual se hace más resistente a los choques y vibraciones, es por esta razón que su traslado hacia los criaderos se realiza durante este estado; se observa claramente los latidos cardiacos, formación de las branquias y movimientos constantes del embrión. La oculación completa ocurre a los 23 días a partir de la fecundación en todos los tratamientos a una temperatura media de 8°C. Durante este periodo se confirma claramente la presencia de dos puntos negruzcos que corresponden a los ojos del embrión (Imaki, 2003).

A los 34 días el embrión empieza a pigmentarse iniciando por la cabeza en los primeros días hasta la región caudal, se nota la un mayor desarrollo de los arcos branquiales y formación de aletas (Figura 12, 13,14). La eclosión ocurre a los 40 días (Figura 15, 16), a una temperatura media del agua de 8°C, 6.8 mg/l de oxígeno disuelto y pH 6.5. Se estima un grado de acumulación de calor de 320 °C. (Muñoz et al., 2008).

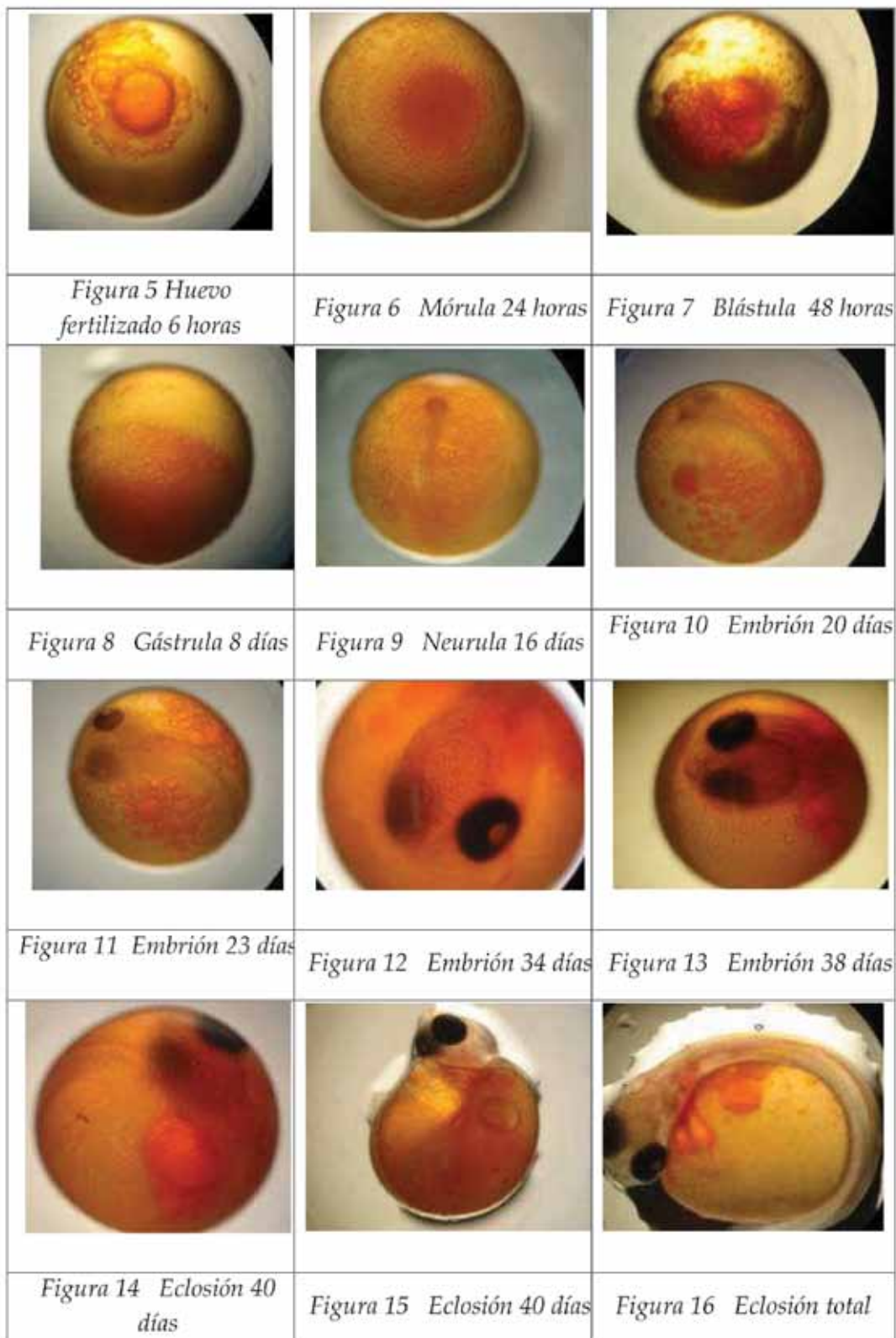


Fig. N° 4. Organogénesis Trucha arco iris. Muñoz et al., 2008.

Los alevines inmediatamente después de su nacimiento tienen un peso aproximado de 0.09 g y una longitud de 14 mm, poseen un saco vitelino adherido, el cual contiene una especie de yema de alto valor nutricional el mismo que se reabsorbe en 18 días (Muñoz et al., 2008).

Para la incubación de ovas embrionadas, se puede utilizar piscinas tipo IBL, de movimiento vertical, o Shuster, de movimiento horizontal. Cada tipo de infraestructura tiene marcadas diferencias y se los utiliza acorde a las necesidades del piscicultor.

Tabla N° 7. Tipos de estanques para incubación de trucha arco iris.

	A (Movimiento vertical)	B (Movimiento horizontal)
Tiempo	Hasta la alimentación inicial	Hasta el término de absorción del saco vitelino
Capacidad	Pequeña	Grande
Control	Fácil	Difícil
Extracción	Fácil	Difícil
Movimiento	Deficiente	Bueno
Muerte	Frecuente	Rara

Considerando las normas sanitarias de producción de ovas y alevines de trucha arco iris, es de vital importancia la certificación sanitaria, poniendo especial énfasis en la importación de líneas exóticas. Dentro del certificado se recomienda la verificación de la ausencia de enfermedades como *Myxobolus cerebrales* y la Septicemia hemorrágica viral.

- **Myxobolus cerebrales:** Es un protozoario que ataca al cerebro provocando problemas en el sistema nervioso y motriz (juvenil-crecimiento), reflejados en un movimiento circular de los peces. El cuerpo toma una coloración peculiar, la mitad anterior blanca y la mitad caudal negra.

La transmisión de esta enfermedad es vía horizontal, por lo tanto ataca a todos los individuos, causando una mortalidad del 90 al 100% en todos los grupos. Es difícil de combatir, por lo que se recomienda hacer una cuarentena de 48 meses. Esta enfermedad no ha sido registrada en el Ecuador.

- **Septicemia hemorrágica viral:** Es de transmisión horizontal y vertical (individuo a individuo y de padres a hijos). Provoca la pudrición de la región interna del páncreas, hígado y riñón. Se recomienda hacer cuarentena durante 48 meses.

2. Bibliografía

1. Blanco, M. 1995. Cría Industrial de la Trucha Arco Iris. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 503.
2. Adiseo e-Rhodimet Nutrition Guide. 2003. Versión 1.0
3. CENIAC. Centro Nacional Investigaciones Acuícolas de Papallacta, 1999.
4. Bustos, C., & Landaeta, M., (2005). Desarrollo de huevos y larvas tempranas de la merluza del sur, *Merluccius australis*, Cultivados bajo condiciones de laboratorio. Revista Comunicaciones Breves 69(2), 402-408.
5. Imaki, A., (2003). Manual de Manejo y Crianza de Trucha arco iris. Quito: GD.
6. Muñoz, D.; Idrovo, J. & J., Ortiz. 2008. Inducción de triploidía mediante la estandarización del choque térmico en trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*) en el CENIAC - Papallacta. I Congreso Nacional de Acuicultura en Aguas Continentales. ESPE, 2008.

“Desarrollo de Marcadores Genéticos tipo EST-SSR para especies Acuícolas”

Juan Ortiz Tirado¹, Franklin Pérez², Juan Giacometti³

¹ jortiztirado@gmail.com

Introducción

Litopenaeus vannamei es la principal especie de cultivo en la Industria Acuícola del Ecuador. Producción de 103,14 millones de libras a Octubre del 2003 representa un importante aporte a la economía Nacional con 253,41 millones de dólares. (Cámara Nacional de Acuicultura, 2003).

La selección o mejoramiento genético es un proceso altamente redituable para las actividades agrícolas y pecuarias (Pérez, 2001). Programas de selección genética y domesticación se han implementando utilizando animales supervivientes a episodios de mancha blanca y que han sido levantados a reproductores en las mismas camaroneras (Calderón, 2001).

Cuando el TSV (Taura syndrome virus) surgió como un gran problema en la industria camaronera estadounidense, Argue y Alcívar (1999) en (Meehan et al., 2003) indicaron que hay falta de información sobre genes para tolerancia y resistencia al virus de TSV, así como la incidencia de estos en la tasa de crecimiento del camarón. Los mismos autores sugieren que para un mejor entendimiento se requiere de la ubicación de loci de caracteres cuantitativos (QTL) en un mapa genético los cuales pueden demostrar su funcionalidad inmediata a través del uso de tecnología transgénica o por medio de selección asistida con marcadores moleculares (Alcívar-Warren, 2001).

Los caracteres de interés comercial son controlados por QTLs que son controlados por muchos genes con pequeños efectos aditivos (Falcomer, 1989). Estudios comparativos, realizados en otras especies muestran que los grandes efectos genéticos pueden ser identificados y localizados en una región particular del genoma. Estos efectos pueden ser detectados mediante el análisis de fenotipos con marcadores moleculares en un mapa genético. (Davis & Hetzel, 2000).

Un mapa genético describe la posición de genes o marcadores genéticos presentes en los cromosomas, entendiéndose por gen una secuencia específica de DNA que codifica para un polipéptido o RNA de un organismo que está sujeto a alteraciones mutacionales. El mapeo genético es el uso de cruces genéticos para localizar genes relacionados uno con otro en los cromosomas mediante la utilización de marcadores moleculares (Russell, 1992).

Los marcadores moleculares se utilizan en microorganismos, plantas y animales para la caracterización de germoplasma, identificación de genotipos, determinación de pureza, análisis de diversidad genética, selección asistida (resistencia a enfermedades, calidad

proteica de cereales, etc.), aislamiento y caracterización de genes específicos para usar en mejoramiento genético por transgénesis o selección asistida (<http://www.inia.cl/biotecnologia/areas/mmolec>).

En un mapa genético de ligamiento se muestra la localización relativa de marcadores específicos a lo largo del cromosoma (Russell, 1992). Estos marcadores deben ser polimórficos, es decir, deben existir en formas alternativas entre individuos para que puedan ser detectados entre los diferentes miembros de una familia estudiada. Este polimorfismo está dado por variaciones en la secuencia de DNA (DOE Human Genome Program, 1992).

Una de las técnicas actuales de marcación genética es la utilización de microsatélites o STR polymorphism (Short Tandem Repeat Polymorphism por sus siglas en Inglés) que consisten en secuencias repetidas en tandem de DNA de carácter mono-, di-, tri - tetra o pentanucleótidos (Van der Werf et al., 1989), los cuales son altamente variables, heredados de los padres, abundantes y se distribuyen en todo el genoma.

Los microsatélites han demostrado un alto poder discriminatorio y sensibilidad para el estudio de variación genética, especialmente en muestras comparables de poblaciones salvajes con poblaciones cultivadas (Espinoza et al., 2001). La heredabilidad y las correlaciones genéticas son los parámetros que definen la extensión de la variación genética entre los rasgos dentro de una población y la estimación de estos rasgos es comercialmente importante para el desarrollo y éxito en los programas de mejoramiento genético (Davis & Hetzel, 2000).

De otro lado, de acuerdo a los estudios realizados por Giovambattista (2001), con el uso de una batería de marcadores moleculares altamente polimórficos, con herencia mendeliana simple y alelos de tipo codominante (microsatélites), se puede resolver casos de paternidad discutida con una probabilidad cercana a la unidad lo que demuestra que el análisis de polimorfismo del DNA es una herramienta de utilidad para resolver identificación individual. Esta técnica es útil en el seguimiento de programas de mejoramiento basados en selección familiar para comprobar el manejo adecuado de cruces.

Individuos relacionados familiarmente comparten los mismos alelos de microsatélites. Si se realizan cruces entre parientes es posible detectarlos mediante marcadores codominantes. Un estudio realizado por Bierne et al., (1999) con microsatélites pudo encontrar un efecto de heterosis (alelos diferentes no consanguíneos) asociado a crecimiento en líneas domesticadas de *Penaeus stylirostris*. La carga residual de consanguinidad en las tasas de crecimiento demostró que la consanguinidad es negativa en el caso del camarón.

Los marcadores moleculares están clasificados en dos tipos: marcadores de tipo I con identidades funcionales y marcadores tipo II con funciones desconocidas (O'Brien, 1991). Los marcadores de tipo II se han desarrollado exitosamente (Alcívar-Warren et al., 2002; Davis & Hetzel, 2000; Russell, 1992; www.inia.cl; Van der Werf et al., 1989; Tassanakajon et al., 1998; Meehan et al., 2003; De la Cruz et al., 2002; Espinoza et al., 2001; Giovambattista et al., 2001; Bierne et al., 1999). Los marcadores Tipo I sirven como puntos de anclaje que permiten la transferencia de información genética entre diferentes cruces o familias. Marcadores con funciones conocidas pueden estar relacionados o ser responsables de caracteres de interés productivo como crecimiento o resistencia a enfermedades.

ESTs (Expressed sequence tags -etiquetas de secuencias expresadas-), son secuencias incompletas de cDNA. La amplificación de estas secuencias mediante la técnica de PCR permite probar la presencia de este fragmento marcado. La mayoría de los ESTs son generados en la región del 3' UTRs (3'untranslated region the part of the mRNA).(www.ucl.ac.uk). ESTs corresponden a marcadores tipo I cuando se conoce la función del cDNA del

cual son parte. Los ESTs son componentes importantes en los proyectos de mapeo genético como en el caso del bagre de canal (Liu et al., 1999). Otros estudios utilizando ESTs en *P. monodon* han demostrado la utilidad de estos marcadores en peneidos (Xu et al., 1999; Broker et al., 2000; Tong et al., 2001).

El DNA complementario o cDNA corresponde a la copia del mRNA (mensajero) con la intervención de la enzima reversa transcriptasa. Como el mRNA es la copia fiel de la parte codificante de un gen, un EST es un fragmento de gen. El mRNA (mensajero) migra del núcleo celular conteniendo la información codificada y por traducción, dirigirá la síntesis de polipéptidos (Russel, 1992).

La información de una proteína en el ADN nuclear está formada por dos grupos de secuencias: intrones y exones. Los intrones son inserciones de secuencias de nucleótidos no codificantes y que no se traducen en proteína, y que deben eliminarse del pre-mRNA para que el transcrito pueda convertirse en mRNA maduro. La parte de los genes que corresponde al RNA maduro y que tiene secuencias de nucleótidos codificantes se llaman exones (Russel, 1992).

El pre-mRNA que tiene tanto exones como intrones se encuentra solamente en el núcleo; debido a los eventos de procesamiento, se remueven los intrones y los exones se unen (splicing), produciendo el rRNA maduro el cuál es trasladado al citoplasma para su traducción. Por tanto si se definen los genes solamente como regiones del DNA codificantes de aminoácidos, la presencia de intrones claramente indica que los genes en eucariotas son piezas. Si por el otro lado se define al gen como la región del DNA correspondiente al transcrito primario del RNA, entonces toda la cadena de secuencias codificantes o no (exones e intrones) conforman el gen. (Russel, 1992).

El área de Recursos Bioacuáticos de la Escuela Politécnica del Ejército con alianzas estratégicas públicas y privadas (CENAIM - ESPOL, CENIAC y ONELAB) han desarrollado tecnología molecular aplicable al campo de la acuicultura, con especies de alto valor comercial como: *Litopenaeus vannamei* y *Oncorhynchus mykiss*. Los marcadores moleculares codominantes tipo EST-SSR, SSR tienen enorme importancia en la investigación genética actual. Son utilizados para la identificación de parentesco, ubicación de genes de

interés comercial, y estudios de estructura poblacional (Rusell, 1992; Tong et al., 2002). En este trabajo presentamos la utilidad de la exploración de datos para el desarrollo de marcadores moleculares en *O. mykiss* y *L. vannamei*, especie en la cual marcadores tipo I no han sido reportados previamente.

El proyecto utilizó información pública de bases de datos (NCBI y Marine Genomics) para la generación de secuencias nucleotídicas útiles para camarón y trucha (Ilustración 1).

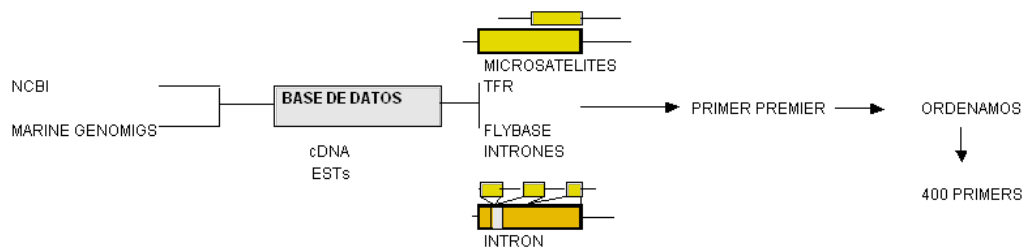


Ilustración 1. Exploración de datos EST-SSR, SSR.

Objetivos.

1. Desarrollar marcadores tipo EST-SSR en camarón.
2. Determinar polimorfismo de los marcadores tipo EST-SSR en camarón.
3. Desarrollar marcadores tipo SSR en trucha.
4. Determinar polimorfismo de los marcadores tipo EST-SSR en trucha arco iris.

Materiales y Métodos

Camarón: El análisis de secuencias públicas permitió generar 286 primers, los cuales se evaluaron en animales silvestres mediante PCR (*L.vannamei*, *L stylirostris*, *F. californiensis*, *F.duorarum* y *T. byrdi*) y optimizaron en un set de mapeo de *L. vannamei* levantados en las instalaciones del CENAIM-ESPOL en San Pedro de Manglar Alto. Polimorfismo y número de alelos fue evaluado para cada primer. Primers monomórficos se corrieron con la técnica SSCP, de alta discriminación y que determinan variabilidad en las secuencias. Los primers que revelaron polimorfismo en progenitores de la familia de mapeo, fueron amplificados para verificar segregación mendeliana.

Adicionalmente se confirmó la utilidad de genes, mediante un análisis por homologación de marcadores amplificados (BLAST).

Trucha: Se realizó el mismo procedimiento, generando 50 juegos de primers, los mismos que fueron sintetizados por la compañía SBS Genetech Co., Ltd. La evaluación de los primers se los realizó en grupos silvestres de trucha arco iris y su optimización en cuatro grupos familiares levantados en las instalaciones del CENIAC en Papallacta.

Resultados y discusión.

Camarón (EST -SSR).- Un 3,8% de ESTs contenían repeats tipo microsatélite con frecuencia de 1 repetición cada 7,8 kb. De los 286 primers diseñados para SSR - ESTs, amplificaron 129 loci. Alto porcentaje (56%) fueron transferibles dentro del género *Litopenaeus*. Evaluación de SSR- ESTs en animales silvestres, mostró que el 72% de los marcadores cumplen con el equilibrio Hardy-Weinberg, útiles en genética de poblaciones. El número de alelos fue de 2 - 24; en promedio 6,2. Adicionalmente, un set de 28 SSR-ESTs fue evaluado para Segregación Mendeliana. Evidencia de alelos nulos se encontró en 5 de ellos. Alto porcentaje de marcadores SSR- ESTs monomórficos (44%) son polimórficos en análisis SSCP (Ortiz, 2004).

Trucha (SSR).- La tasa de éxito de amplificación en animales silvestres fue de un 56 % es decir 28 amplificaciones por PCR. La evaluación para segregación mendeliana arrojó una tasa de amplificación del 44%, distribuyéndose un 36% de SSR polimórficos (Tabla 1) y un 8% de marcadores monomórficos. El promedio de bases por primer se mantuvo en el orden de 36 bp (Ilustración 2).

Tres parámetros importantes son utilizados en el diseño de primers: longitud del primer, contenido de GC, y AT con tendencia de GC hacia la terminal 3'. Estos parámetros permitieron el incremento dramático en las tasas de éxito de PCR. En nuestro trabajo, el conjunto de primers diseñados tuvo un contenido de GC entre el 40 y 60% y una mínima estabilidad en la región 3' terminal. Sin embargo los primers diseñados cortos (17,1 bp de longitud promedio) fueron diseñados debido al tipo de software utilizado. Es posible que primers de corta longitud, puedan ser responsables de un porcentaje de primers fallidos, lo que explicaría una tasa de éxito menor al comparar nuestro trabajo con otros reportados en la literatura.

Tabla 1.

Marcadores SSR e información de polimorfismo en *O. mykiss* en un grupo familiar. Se presenta el tamaño de bandas y número de alelos.

LOCUS	ENTR	PRIMERS 5'-3'P3	PRIMERS 5'-3'PP	REPEAT SEQUENCE	ESPERAPO	<i>O.mykiss</i>
ESPE -NCBI 24592857	24592857	AACAACAACAACAATGA GAGGCTCTGAGTTAGGGAAGA		TCTG	222	235 - 259 (4)
ESPE -NCBI 42815192	42815192	TGCTTGCCATACATTTTCATAC ACAGTAAGTCCCTGCTTTGTT	AATAGCACAGCCTTTAGC ATGCTTTGGCATAGTAA	TGTC	214	239 - 267 (4)
ESPE -NCBI 42626013	42626013		TGGCTACGACTCCTACTG TGTGATGGGAACCAACT	GAG	205	227 - 233 (2)
ESPE -NCBI 46477370	46477370		TCCAGCATCAAGAAGACT CAACCCAACAACCTCACT	TGA	301	429 - 437 (2)
ESPE -NCBI 56999947	56999947		CTACCACCTCCTCCCTCC TCACCTCCCTGGCTTCC	CTG	216	311 - 316 (2)
ESPE -NCBI 42756932	42756932		GAAGAAAGACTGACTCCGTGAT GACAGAAATGCCCTGGTG	ACTC	388	412 - 421 (3)
ESPE -NCBI 60384030	60384030	AGGCTTTCTCTCCCTTTC TGATTAGACCTTTCTGTTGT		AGGC	258	249 - 260 (2)
ESPE -NCBI 63084723	63084723	AATGGTGACAGTTTCTGCT GATGCCCTGGGTAGAGCGT		GTGA	284	246 - 265 (4)
ESPE -NCBI 60363691	60363691	TAGGTGGTTGATGTGTAGG AGAGGGAAGTATGTGTAGT		TTGTC	233	224-236(2)
ESPE -NCBI 60384029	60384029	TGATTAGACCTTTCTGTTGT AGGCTTTCTCTCCCTTTC		TGCC	258	247 - 259 (2)
ESPE -NCBI 40227035	40227035	GACCTCAGCAAAACAGCT AAACAGCACAAATGACAAAAC		CTGT	195	200 - 258 (3)
ESPE -NCBI 42756547	42756547		ATCAGCCACTGCCTATCT TTTCATTTCTCCCTTCC	GACTG	328	168-183(3)
ESPE -NCBI 60361946	60361946		GCAACCCGTTACCTACC TCCCAAACCAACCACATC	TGT	302	326 - 335 (3)
ESPE -NCBI 24596030	24596030	G C A G C G A T A C T A C T C C A A T A A T G T C C T A C C A C C T C C T C T C		AATG	335	298 - 310 (2)
ESPE -NCBI 24686365	24686365	A A A G A A G T G G A G G A G A T G G G T T G T A G G A A G A T G T G C T T		GAGT	243	243 (1)
ESPE -NCBI 40224850	40224850	G G G A C T C T T T A G C A G G A T A G T G C G T T G A A A T G G G T A	G G G A C T C T T T A G C A G G A T A G T G C G T T G A A A T G G G T A	C C A A	231	239 - 254 (4)
ESPE -NCBI 40309212	40309212		A C G G C T A T G G A G G T T A T G C T T T G G G A A G C A G A G G T A	G A G	278	270 (1)
ESPE -NCBI 46482981	46482981		G A A T C C C T G G A A A G A G C C C A C A G C C G T A T G A A A C C C	C C C T	249	366 - 405 (4)

Con la utilización de exploración de datos en secuencias EST para plantas, se han identificado centenares de marcadores SSR en diferentes especies (Thiel et al., 2003). Aunque un número exacto de EST-SSRS generados por exploración de datos en secuencias ESTs públicamente disponibles, ha sido reportado previamente en cerdo (Rohrer et al., 2002), genetistas dedicados en genética animal no han aprovechado la alta disponibilidad de secuencias EST en bases de datos públicos. La disponibilidad de ESTs para diferentes especies animales es alta, (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/dbEST/dbEST_summary.html) y combinado con el uso de un nuevo servicio en la web para búsqueda de microsatélites y diseño de primers (<http://hornbill.cspp.latrobe.edu.au/cgi-bin/pub/index.pl>) (Robinson et al., 2004), el aislamiento de SSR se vuelve muy simple. Para ilustrar este punto examinamos mil ESTs, cada una en tres especies diferentes (aves de corral *Gallus gallus*, cerdo *Sus*

scrofa y el salmón del atlántico *Salmo salar*) y generaron primers EST-SSR en 6,8, 8,5 y 5,7% respectivamente. En el caso especial de *Salmo salar*, cuyo mapa de ligamiento comprende 64 marcadores (Gilbey et al., 2004), para abril del 2004, hubo 87.982 secuencias EST depositadas en NCBI. Asumiendo una tasa de éxito del 1% en el desarrollo de marcadores, alrededor de 900 marcadores EST-SSR nuevos se podrían probar para polimorfismo y ligamiento. Los porcentajes de EST-SSRS en aves de corral, cerdo, salmón y camarón están en el mismo rango y gama para plantas (Saha et al, 2003), lo cual señala una fuente importante de información útil.

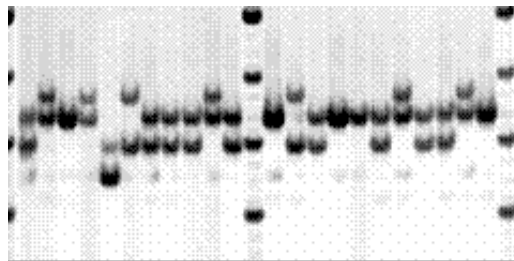


Ilustración 2. Primer 42815192. *O. mykiss*

Conclusión

Nuestro trabajo demuestra que una aproximación de bajo costo mediante minado de datos y comparación de homologías es útil para generación de marcadores codominantes tipo EST-SSRs, EST-SSCPs en especies acuícolas. La implementación de estas técnicas a escala mayor abre interesantes líneas de investigación con presupuestos manejables localmente.

Bibliografía

1. Alcívar-Warren, A. 2001. Biotechnology- Aquaculture Interface: The site of Maximum Impact Workshop. Application of Biotechnology to Address Shrimp Industry Development and Environmental and Public Health Issues. . ARS-OI Biotechnology- Aquaculture Workshop.
2. Bierne, N., A. Lehnert, E. Bédier, F. Bonhomme and S. Moore. 2000. Screening for intron- length polymorphisms in penaeid shrimps using exon-primed intron-crossing (EPIC)-PCR. *Molecular Ecology* 9, 233-235.

3. Bierne, N., I. Beuzart, V. Vonau, F. Bonhomme, E y B. Bédier. 2000. Microsatellite-associated in hatchery-propagated stocks of the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Aquaculture* 184: 203-219.
4. Broker, A. and J. Benzie. 2000. Population structure of the giant tiger prawn *Penaeus monodon* in Australian waters, determined using microsatellite markers. *Marine Biology* 136: 149-157.
5. Calderón, J. 2001. Análisis de una traumática experiencia: El WSSV en Ecuador. VI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura, V Congreso Latinoamericano de Acuicultura.
6. Cámara Nacional de Acuicultura. 2003. <http://www.cna-Ecuador.org>.
7. Cruz, P., H. Mejia-Ruiz, R. Pérez-Enriquez and A. Ibarra. 2002. Isolation and characterization of microsatellites in Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*, *Molecular Ecology Notes*. No. 2: 239-241.
8. Davis, G. and D. Hetzel. 2000. Integrating molecular genetic technology with traditional approaches for genetic improvement in aquaculture species. *Aquaculture research*. 31: 3-10.
9. DOE Human Genome Program. 1992. *The Primer on Molecular Genetics*.
10. Espinoza, G., M. Jager, E. García-Machado, Y. Borrell, N. Corona, A. Robainas and J. Deutshs. 2001. Microsatellites from the white shrimp *Litopenaeus schimitti* (Crustacea, Decapoda). *Biotecnología Aplicada* 18:232-234.
11. Falconer, D. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*, 3rd edn. Longman, Essex.
12. Gilbey, J., E. Verspoor, A. McLay and D. Houlihan. 2004. A microsatellite linkage map for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Animal Genetics* 35: 98-105.
13. Giovambattista, G., M. Ripoli, J. Lirón, M. Kienast, E. Villegas, F. Castagno, y P. Peral. 2001. Aplicación de las Técnicas de Polimorfismo de DNA en la resolución de casos de Abigeato, identificación individual y determinación de Paternidad. *Analecta veterinaria*; 21, 1:5-11p.
14. Humphries, E., V. Gudnason, R. Whitall, and N. Ian. 1997. Single - strand conformation polymorphism análisis with high throughput modifications, and its use in mutation detection in familial hipercolesterolemia. *Clinical Chemistry* 43:3, 427 - 435 p.

15. Liu Z., A. Karsi, y R. Dunham. 1999. Development of Polymorphic EST Markers Suitable for Genetic Linkage Mapping of catfish. *Mar. Biotechnol.* 1, 465-476.
16. Marine Genomic : <http://www.marinegenomics.org>
17. Marine Genomic : <http://www.marinegenomics.org>
18. Meehan, D., Z. Xu, G. Zúñiga, y A. Alcívar - Warren. 2003. High frequency and large number of Polymorphic microsatellites in cultured shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* (Crustácea : Decapoda). *Mar Ciotechnol.* 5. 311 - 330 p.
19. NCBI: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
20. NCBI: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>
21. Ortiz, Juan. 2004. Desarrollo de marcadores genéticos tipo EST-SSR e intrones para el mapa genético del camarón blanco. Tesis de Maestría. CENAIM - ESPOL. 210 pp
22. Pérez, F. 2001. Perspectivas del mejoramiento del Camarón en el Ecuador. www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/boletin42/proyectos
23. Pérez, F. y M. Zhinaula. 2003. Selección Genética de Camarón en el Ecuador. VII Congreso Ecuatoriano de Acuicultura.
24. Robinson, A., C. Love, J. Batley, G. Barker and D. Edwards. 2004. Simple sequence repeat marker loci discovery using SSR primer. *Bioinformatics*. In press.
25. Rohrer, G., S. Fahrenkrug, D. Nonneman, N. Tao and W. Warren. 2002. Mapping microsatellite markers identified in porcine EST sequences. *Animal Genetics* 33: 372-376.
26. Russell, Peter. 1992. *Genetics*, 3rd edition. Harper Collins Publishers.
27. Russell, Peter. 1992. *Genetics*, 3rd edition. Harper Collins Publishers.
28. Saha, S., M. Karaca, J. Jenkins, A. Zipf, O. Reddy, K. Umesh and R. Kantety. 2003. Simple sequence repeats as useful resources to study transcribed genes of cotton. *Euphytica* 130: 355-364.
29. Sambrook, J., E. Fritsch and T. Maniatis. 1989. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, NY. U.S.A. Vol. 1,2,3.
30. Small, M. and E. Gosling. 2000. Species relationships and population structure of *Littorina saxatilis* Olivi and *L. tenebrosa* Montagu in

Ireland using single- strand conformational polymorphisms (SSCPs) of cytochrome b fragments. *Mol. Ecol.* 9, 39-52.

31. Tassanakajon, A., A. Tiptawonnukul, P. Supungul, V. Rimphanitchayakit, D. Cook, P. Jarayabhand, S. Klinbunga, and V. Boonsaeng . 1998. Isolation and characterization of microsatellite markers in the black tiger prawn *Penaeus monodon*. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* Springer-Verlag. New York .Volume 7, Number 1. Pages: 0055 - 0061.

32. Thiel, T., W. Michalek, R. Varshney and A. Graner. 2003. Exploiting EST databases for the development and characterization of gene-derived SSR-markers in barley (*Hordeum vulgare*). *Theoretical Application in Genetic* 106: 411-422.

33. Tong, J., S. Lehnert, K. Byrne, H. Kwan, and K. Chu. 2002. Development of polymorphic EST markers in *Penaeus monodon*: applications in penaeid genetics. *Aquaculture* 208: 69 -79.

34. Tong, J., S. Lehnert, K. Byrne, H. Kwan, y K. Chu. 2002. Development of polymorphic EST markers in *Penaeus monodon*: applications in penaeid genetics. *Aquaculture* 208, 69 -79.

35. Van der Werf, 1989. Introduction to some aspects of molecular genetics. University New England. Australia. Pág 35-43.

36. Weber, J. 1990. Informativeness of human (dC-dA)_n (dG-dT)_n polymorphisms. *Genomics* 7:524-530.

37. Xu, Z., A. Dhar, J. Wyrzykowski, A. Alcivar-Warren y J. Primavera. 2001 Genetic diversity of wild and cultured Black Tiger Shrimp *Penaeus monodon* in the Philippines using microsatellite. *Aquaculture* 199. pp: 13-40.

38. Zhang, D and G. Hewitt. 1998. Molecular tools for screening biodiversity plants and animals. Chapman & Hall. London. 41-45.

Capítulo

3

CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN TRUTÍCOLA

1. Cálculos de Producción Trutícola

La producción acuícola es la alternativa viable para alcanzar la demanda existente de alimentos en el planeta. En este proceso simulamos las condiciones medio ambientales para la especie, optimizando espacio, recursos y la relación factor ambiental, rendimiento. En este contexto los parámetros limitantes de producción son NH_3 , NO_2 , O_2 , CO_2 , entre otros, que juegan un rol preponderante en la máxima productividad acuática.

La disponibilidad de gases en el medio acuático, está relacionado directamente a los gases que conforman la atmósfera. La presión total de todos los gases se define como presión atmosférica o presión barométrica. Esta presión a una altitud de 0 metros es igual a 760 mmHg o 1 at, y disminuye proporcionalmente cuando aumenta la altitud. Además, las variaciones de la presión atmosférica se dan por cambios de temperatura y otras condiciones medioambientales. (Boyd,1999)

Para poder mantener gas disuelto en el medio acuático, es necesario que la presión parcial del gas en el agua sea igual a la presión parcial del gas en la atmósfera. Cuando se da este fenómeno, podemos asegurar que el gas se encuentra a saturación y equilibrio. En el medio acuático, los factores que mayoritariamente afectan la solubilidad de los gases son: (1) característica de solubilidad del gas, (2) presión parcial del gas, (3) temperatura del agua, (4) salinidad del agua. (Boyd, 1999).

a. Efecto del oxígeno y dióxido de carbono en la producción

Dentro de los gases que se disuelven en el medio acuático, el oxígeno es considerado uno de los más importantes, requerido para los procesos de respiración aeróbica y regulación del potencial oxidación-reducción del agua y sedimentos. Otro gas resultante de los procesos de respiración de plantas y animales es el dióxido de carbono, que es fuente de carbono para la fotosíntesis e incide en el comportamiento del potencial hidrógeno. El CO_2 , al combinarse con el agua, forma ácido carbónico, débil e inestable, que acidifica el medio, y dependiendo del contenido de calcio y magnesio,

puede formar carbonatos y bicarbonatos. Cuanto mayor sea la acidez del agua, mayor será la concentración del ácido carbónico libre. En la mayoría de aguas naturales utilizadas en piscifactorías, el valor del ácido carbónico no excede de 6mg/l (no tóxico). Estos niveles pueden aumentar en piscifactorías intensivas con reciclajes de agua, y mantenerse de 12 - 18 ppm, ya que el CO₂ es un resultante del metabolismo del pez. (Blanco, 1995).

Tabla 1. La solubilidad del oxígeno (mg/L, en función de la temperatura y salinidad (humedad del aire, presión barométrica = 760 mm Hg). fuente: Benson and Krause (1984).

Temp. (C)	Salinidad, parte por mil (ppt)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	14.602	14.112	13.638	13.180	12.737	12.309	11.896	11.497	11.111
1	14.198	13.725	13.268	12.825	12.398	11.984	11.585	11.198	10.825
2	13.813	13.356	12.914	12.487	12.073	11.674	11.287	10.913	10.552
3	13.445	13.004	12.576	12.163	11.763	11.376	11.003	10.641	10.291
4	13.094	12.667	12.253	11.853	11.467	11.092	10.730	10.380	10.042
5	12.757	12.344	11.944	11.557	11.183	10.820	10.470	10.131	9.802
6	12.436	12.036	11.648	11.274	10.911	10.560	10.220	9.892	9.573
7	12.127	11.740	11.365	11.002	10.651	10.311	9.981	9.662	9.354
8	11.832	11.457	11.093	10.742	10.401	10.071	9.752	9.443	9.143
9	11.549	11.185	10.833	10.492	10.162	9.842	9.532	9.232	8.941
10	11.277	10.925	10.583	10.252	9.932	9.621	9.321	9.029	8.747
11	11.016	10.674	10.343	10.022	9.711	9.410	9.118	8.835	8.561
12	10.766	10.434	10.113	9.801	9.499	9.207	8.923	8.648	8.381
13	10.525	10.203	9.891	9.589	9.295	9.011	8.735	8.468	8.209
14	10.294	9.981	9.678	9.384	9.099	8.823	8.555	8.295	8.043
15	10.072	9.768	9.473	9.188	8.911	8.642	8.381	8.129	7.883
16	9.858	9.562	9.276	8.998	8.729	8.468	8.214	7.968	7.730
17	9.651	9.364	9.086	8.816	8.554	8.300	8.053	7.814	7.581
18	9.453	9.174	8.903	8.640	8.385	8.138	7.898	7.664	7.438
19	9.261	8.990	8.726	8.471	8.222	7.982	7.748	7.521	7.300
20	9.077	8.812	8.556	8.307	8.065	7.831	7.603	7.382	7.167

Bajo estas consideraciones la solubilidad de todos los gases y en especial del oxígeno en el agua, es inversamente proporcional al comportamiento de la temperatura, salinidad y altitud. Por lo tanto, para el cálculo de la concentración de O₂ disuelto a saturación en el agua, debe tomarse en cuenta la presión atmosférica: $DO_s = DO_t \times p_a$, en donde DO_s = es la concentración de oxígeno disuelto a saturación, DO_t = es la concentración

de oxígeno a nivel del mar (o m , 760 mmHg), p_a = es la presión atmosférica $(1-h/44300)5,25$, h = es la altitud.

En producción acuícola la presencia de oxígeno como gas disuelto, no tiene como origen únicamente la atmósfera. Las plantas a través de la fotosíntesis, presencia de clorofila y durante el día, puede generar oxígeno. Sin embargo para tener fitoplancton, debe procurarse estabilidad y calidad de los factores del medio y presencia de nutrientes minerales. La trucha arco iris no depende del proceso fotosintético, por lo contrario está supeditado a altas tasas de recambio. La tasa de renovación de agua para salmones, se estima en un 100% del volumen total en una hora. La cantidad de agua ($Q = A \times v$), en donde Q= caudal de agua, A = es el área del transepto y v = es la velocidad del agua en ese transepto), es un factor para mantener la disponibilidad de oxígeno en los ambientes.

El ingreso permanente de agua a los estanques de producción, permite calcular el O₂ disponible en un período de tiempo específico. Este factor regula la carga animal por área de trabajo, además de suplir las necesidades para los proceso aeróbicos: $(OD = Q \times (O_a - O_b))$; en donde OD = es oxígeno disponible en un período de tiempo, Q = caudal ($m^3 \times h^{-1}$); O_s = solubilidad del oxígeno a la entrada del estanque y O_b el requerimiento básico de oxígeno para metabolismo basal en trucha arco iris = 5,5 ppm.

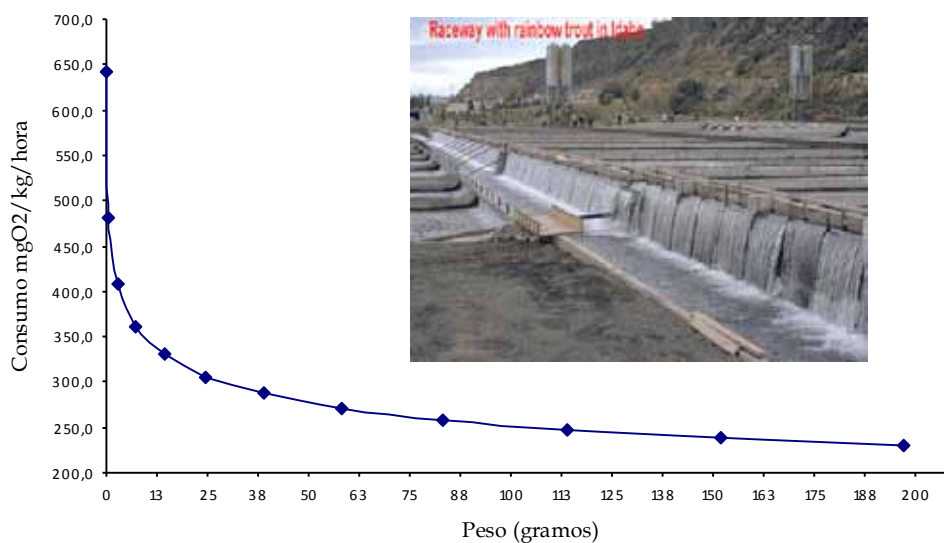


Figura N° 3. Consumo mg de oxígeno /kg trucha/ hora. 12 °C.

Si se determina el consumo O₂ fisiológico por especie y por estadio, se puede calcular el número de unidades o kilos de peces por área de trabajo.

Tabla N° 2. Consumo de oxígeno /kilogramo de truchas/ hora. 12° C.

Ciclo (mes)	Peso medio Mes (g).	Consumo mg O ₂ /kg/h	Consumo Individual mg O ₂ /u/h
12	196.80	229.00	46.96
11	151.62	238.00	36.06
10	113.91	247.00	29.36
9	83.04	258.00	21.58
8	58.32	271.00	16.71
7	39.07	287.30	11.20
6	24.60	306.00	7.63
5	14.25	330.00	4.70
4	7.29	362.00	3.60
3	3.00	408.00	1.25
2	0.32	482.00	0.16
1	0.11	643.00	0.09
Total			179.12

Tabla N° 3. Producción de trucha arco iris a 12 ° C, y concentración de oxígeno de 9,5 ppm.

Caudal (L/s)	Capacidad de producción (mes/unidades)	Capacidad de producción (mes/Kilogramos)
10	804	160,8
20	1.608	321,6
30	2.412	482,4
40	3.216	643,1
50	4.020	803,9
60	4.824	964,7
70	5.628	1.125,5
80	6.431	1.286,3
90	7.235	1.447,1
100	8.039	1.607,9
110	8.843	1.768,6
120	9.647	1.929,4
130	10.451	2.090,2
140	11.255	2.251,0
150	12.059	2.411,8
160	12.863	2.572,6
170	13.667	2.733,4
180	14.471	2.894,1
190	15.275	3.054,9
200	16.079	3.215,7

La presencia de Oxígeno disuelto puede modificar drásticamente las capacidades de producción bajo las mismas condiciones de temperatura, y otros factores medio ambientales.

Tabla N° 4. Producción de trucha arco iris a 12 ° C, y concentración de oxígeno de 10,5 ppm.

Caudal (L/s)	Capacidad de producción (mes/unidades)	Capacidad de producción (mes/Kilogramos)
10	1.005	201,0
20	2.010	402,0
30	3.015	602,9
40	4.020	803,9
50	5.025	1.004,9
60	6.029	1.205,9
70	7.034	1.406,9
80	8.039	1.607,9
90	9.044	1.808,8
100	10.049	2.009,8
110	11.054	2.210,8
120	12.059	2.411,8
130	13.064	2.612,8
140	14.069	2.813,8
150	15.074	3.014,7
160	16.079	3.215,7
170	17.084	3.416,7
180	18.088	3.617,7
190	19.093	3.818,7
200	20.098	4.019,7

b. Efecto de la Temperatura en la producción

El ciclo de producción de trucha arco iris tiene una dependencia directa con la temperatura. Es así que el grado de acumulación de calor de la especie desde un estado embrionado hasta tallas comerciales (200 g), es de 4000 a 4500 °/día, entendiéndose por grado /día la acumulación de calor de la especie en un período de tiempo dado (Blanco, 1995).

Tablas N° 5. Ciclo de producción para trucha arco iris a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Tiempo días		Tiempo meses	
	Mínimo	máximo	mínimo	máximo
6	667	750	22	25
7	571	643	19	21
8	500	563	17	19
9	444	500	15	17
10	400	450	13	15
11	364	409	12	14
12	333	375	11	13
13	308	346	10	12
14	286	321	10	11
15	267	300	9	10
16	250	281	8	9
17	235	265	8	9
18	222	250	7	8
19	211	237	7	8

Analizando estos dos componentes esenciales para la producción de trucha, el crecimiento denota tres momentos cruciales. Un estado inicial o alevinaje, juvenil o crecimiento y final o engorde.

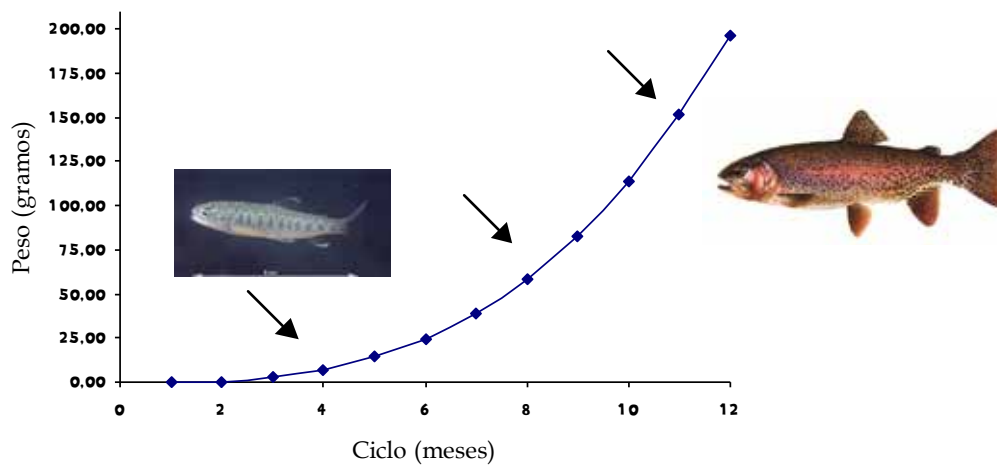


Figura N° 4. Crecimiento de trucha arco iris a una temperatura de 12 ° C.

Los ritmos de crecimiento están en función del peso corporal y la temperatura. Los rangos ideales varían de 1,5 - 6 %/día, acorde al estado fisiológico. Para el seguimiento productivo los parámetros a monitorear son los siguientes:

- (1) Crecimiento Especifico (%/día) = $[\text{Ln } W_{xf} - \text{Ln } W_{xi} / t (\text{días})] \times 100$; en donde W_{xf} = peso final (g) W_{xi} = peso inicial (g); t = días de crianza;
- (2) Factor de conversión alimenticia = Total de alimento ingerido/ Biomasa ganada+ $[(W_{xf} + W_{xi}/2) \times \text{animales muertos}]$,
- (3) Índice de Condición corporal = $(P/Lt^3) \times 100$; P = peso corporal (g), Lt = longitud total(cm).

c. Infraestructura

La infraestructura para una cría intensiva de trucha arco iris, definida por la dinámica hidráulica y renovación de agua en un 100% x hora-1 , permitirá manejar biomasas en volúmenes constantes. Dentro de este contexto, definir la superficie (m²), profundidad (m), relación ancho/largo, borde libre, pesos promedio que se manejan (g.) tanto en la etapa de siembra inicial y final, recomendaciones teóricas para capacidad de carga inicial y final, permitirán optimizar espacio y tiempo.

Tabla N° 6. Infraestructura específica para trucha arco iris.

Etapa	Superficie. m ²	Prof. m	Ancho/ Largo	Borde libre m	Peso G	Densidad Kg./ m ³
Reproducción	50 - 150	1	1:4 - 1:8	0.2 - 0.4	500 / 600 - 2500 / 3000	10 - 12 2□ / 1□
Alevinaje	2 - 10	0.2 - 0.6	1:4 - 1:8	0.2 - 0.4	0.15 - 10	5- 10
Juvenil	20 - 150	1	1:4 - 1:8	0.2 - 0.4	10 - 80	10 -15
Engorde	50 - 150	1	1:4 - 1:8	0.2 - 0.4	80 - 250	15-25

Se puede construir piscinas rectangulares o redondas, mientras se mantenga la superficie y la profundidad determinada. En la actualidad, una buena alternativa para recubrir las piscinas es la geomembrana, de

fácil instalación y duración (10 - 15 años). Bajo estas consideraciones las capacidades de producción pueden variar y la cantidad y calidad de agua en nuestros sistemas hidrográficos serán preponderantes en la producción de trucha arco iris.

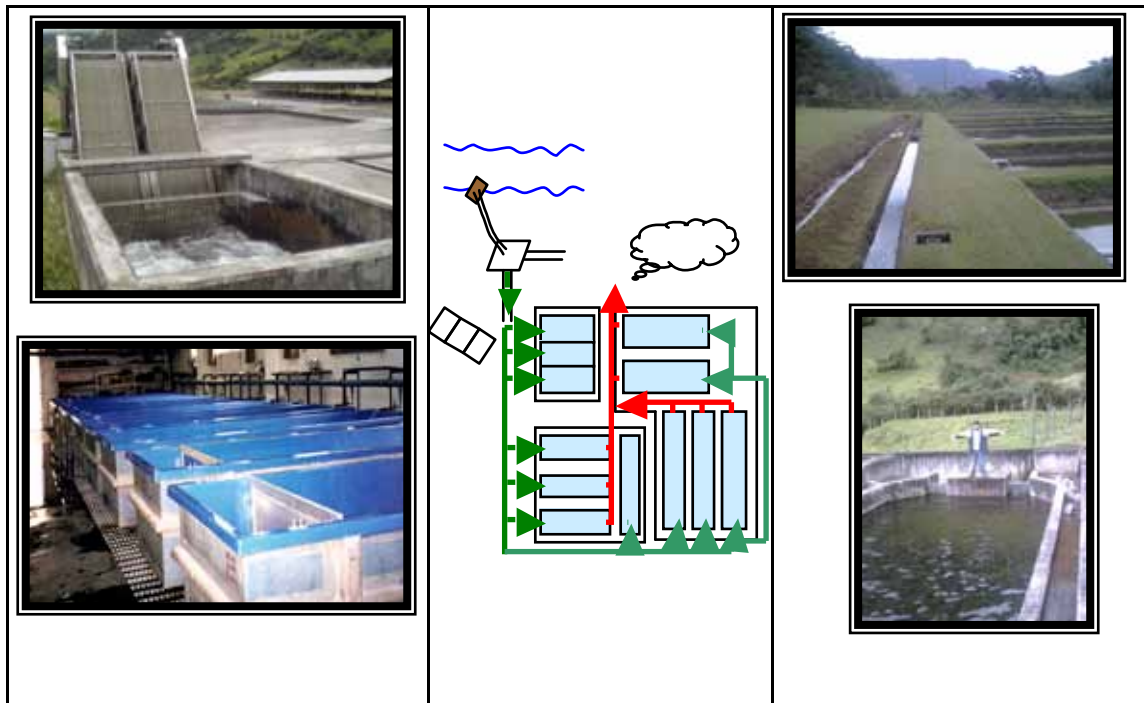


Fig. N° 5. Bocatoma y distribución de estanques



Fig. N° 4. Estanques revestidos con geomembrana

Tabla N° 7. Programa de producción bajo condiciones controladas. Caudal 72 m³/h, Temperatura 12 °C, Oxígeno a saturación 8,22 ppm.

CICLO DE PRODUCCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
TEMPERATURA °C	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
CAUDAL m ³ /h	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
OXÍGENO DISPONIBLE g/h	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196	196
INCUBACIÓN / SIEMBRA	si	si	si	si	si	si	si	si	si	Si	si	si	si	Si
VENTAS	no	no	no	no	no	no	no	no	no	No	no	no	si	Si

Para realizar estos cálculos, se necesita conocer las siguientes fórmulas:

CICLO	PESO MEDIO ANUAL g	CONSUMO O ₂ mg O ₂ /Kg/h	CONSUMO INDIVIDUAL O ₂ mg O ₂ /u/h
12	196.80	229.00	46.96
11	151.62	238.00	36.06
10	113.91	247.00	29.36
9	83.04	258.00	21.58
8	58.32	271.00	16.71
7	39.07	287.30	11.20
6	24.60	306.00	7.63
5	14.25	330.00	4.70
4	7.29	362.00	3.60
3	3.00	408.00	1.25
2	0.32	482.00	0.16
1	0.11	643.00	0.09
SUMAN			179.12

Peso medio individual = $P(g)(T) = K * L^3$, Donde $K = 0.112 \times 10^{-4}$, $L = 26/N \times E$; $N =$ ciclo de producción en meses, 26 = longitud de la trucha (200 g) en cm.; $E =$ edad del pez en un tiempo específico.

Ejemplo:

$$P(g)(12) = 0.112 \times 10^{-4} \times (26/12 \times 12)^3 \times 1000$$

$$Pg(12) = 196.8 \text{ g}$$

El Programa de producción propuesto con un caudal de 72 m³/h, a una temperatura de 12°C, permitirá en un período de 12 meses mantener en proceso 13 128 peces, en diferentes estados fisiológicos.

Bajo las condiciones propuestas y la disponibilidad de oxígeno de 196 g O₂/h, y el consumo por unidad de 0,176 g O₂, se estima una producción a 1094 unidades mensuales. Puede existir un error de cálculo de hasta un 3 %.

Tabla N° 8 Programa de Producción de trucha arco iris. Temperatura de 12 °C, Caudal 72 m³/h.

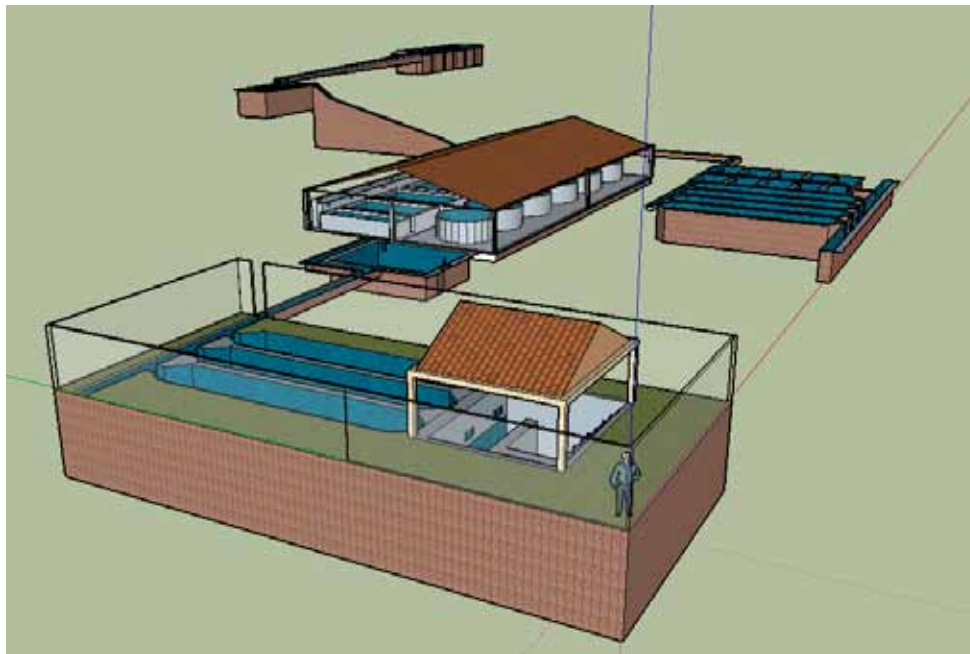
		M E S E S											
Ciclo (mes)	Peso (g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	196.80												1094
11	151.62											1094	1094
10	113.91										1094	1094	1094
9	83.04									1094	1094	1094	1094
8	58.32								1094	1094	1094	1094	1094
7	39.07							1094	1094	1094	1094	1094	1094
6	24.60						1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
5	14.25					1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
4	7.29				1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
3	3.00			1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
2	0.32		1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094
1	0.11	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094	1094

Durante todo el proceso de crianza se recomienda trabajar con individuos monosexos (hembras) hasta un 95%. Los ritmos de crecimiento de las hembras es superior al macho, permitiendo obtener un mayor número de ciclos productivos por año. En todo el proceso se estima una mortalidad del 20%, siendo las etapas de alevinaje y juvenil susceptibles a estrés y enfermedades.

Para obtener tasas de saturación de oxígeno al 100%, se requiere de altos recambios de agua. Esta dinámica permite calcular los volúmenes útiles de producción y a la vez el número de estanques requeridos para mantener las biomásas en proceso.

Tabla N° 9. Cálculo de los volúmenes útiles, bajo condiciones controladas. Caudal 72 m³/h, Temperatura 12 °C, Oxígeno a saturación 8,22 ppm.

Peso (g)	Biomasa (kg)	Consumo O ₂ Referencial (mg O ₂ / kg/ h)	O ₂ disponible Consumo O ₂ Teórico	Q útil (litros)	Volumen Útil (litros)	Volumen Útil (m ³)
0.11	0.12	643.0	77.16	28.57	28.57	0.028
0.32	0.35	482.6	168.91	62.56	62.56	0.062
3.00	3.28	408.0	1338.24	495.64	495.64	0.496
7.29	7.98	362.0	2888.76	1069.91	1069.91	1.070
14.23	15.57	330.0	5138.10	1903	1903	1.903
24.60	26.91	306.0	8234.46	3049.8	3049.8	3.050
39.07	42.74	287.3	12279.20	4547.85	4547.85	4.548
58.32	63.80	271.0	17289.80	6403.63	6403.63	6.404
83.04	90.85	258.0	23439.3	8681.22	8681.22	8.681
113.91	124.62	247.0	30781.14	11400.42	11400.42	11.400
151.62	165.87	238.0	39477.06	14621.13	14621.13	14.621
196.80	215.30	229.8	49475.94	18324.42	18324.42	18.324
			190588.07	70588.15	70588.15	70.588



2. Bibliografía

1. Blanco M. en La Trucha Cría Industrial Biología de la trucha arco iris, , Ed. (Mundi Prensa, Madrid, España, 1995), pp. 503–509.
2. Boyd C. en Water Quality. A Primer (Auburn University, Alabama USA, 2002), “Water quality”, pp. 326.

Inducción de triploidía mediante la estandarización del choque térmico en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en el CENIAC – Papallacta

Muñoz Daysi (1) Idrovo Jaime (2), Ortiz Juan, (3)

Introducción

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez propio del hemisferio norte perteneciente a la familia Salmonidae. Habita en aguas frías y con suficiente cantidad de oxígeno disuelto, adaptándose adecuadamente a las cuencas hidrográficas de la Región Interandina del Ecuador. Su nombre se debe a una franja rojiza ubicada sobre la línea lateral del cuerpo, especialmente en época de desove, además presenta un sinnúmero de escamas iridiscentes (Imaki, 2003).

La maduración sexual *Oncorhynchus mykiss* es un proceso que trae efectos poco deseados sobre su desarrollo, provocando cambios fisiológicos y morfológicos. En las hembras existe una disminución del ritmo de crecimiento de hasta un 30% de su peso corporal por el desarrollo gonadal. En los machos, aumenta la agresividad y deterioro de las características organolépticas de la carne (Pérez et al., 1999).

La Biotecnología juega un rol preponderante en la reproducción animal, estudiando formas o sistemas que permitan disminuir efectos indeseables en la trucha, utilizando técnicas de manipulación cromosómicas para la obtención de peces triploides, es decir individuos con un par de cromosomas extras que los normales.

Existen diferentes técnicas para lograr la triploidización de los peces, entre ellas tenemos: métodos físicos, mediante choques térmicos o choques de presión; y métodos químicos, por la aplicación de sustancias químicas como colchicina, citocalacina B o 6 dimetilaminopurina. El choque térmico a altas temperaturas es una técnica accesible para los acuicultores por la facilidad de realización y su costo relativamente bajo. La utilización de esta técnica permite alcanzar un alto porcentaje de triploides con un rango de mortalidad moderado (Díaz & Neira, 2005; Pineda et al., 2003).

La inducción de triploidía en truchas da como resultado animales viables con tres juegos de cromosomas ($3n$) pero estériles. La triploidización se debe a la retención del segundo corpúsculo polar dentro del óvulo por inhibición de la segunda división meiótica, permitiendo que el óvulo tenga una dotación cromosómica diploide ($2n$) gracias al choque térmico (altas temperaturas) que se administra a las ovas después de ponerse en contacto con el espermatozoide, se reanuda la meiosis detenida en el óvulo, proporcionando una dotación cromosómica adicional. De esta forma se obtiene un individuo con una carga genética $3n$ o triploide (Blanco, 1995; Rougeot et al., 2003).

El choque térmico con altas temperaturas permite obtener un 90-98% de truchas triploides y supervivencia aceptable. El éxito radica en manejar adecuadamente tres variables: temperatura del choque aplicado a las ovas, tiempo de duración del choque y tiempo de iniciación del choque o tiempo postfecundación (Rougeot et al., 2003). La determinación del porcentaje de triploidía en peces se realiza por medio de la medición del volumen nuclear eritrocitario, el mismo que se ve incrementado debido al aumento de ADN nuclear en los individuos triploides, proporcionando un valor comparativo con el núcleo de los individuos diploides (Pineda et al., 2003).

El Ecuador está experimentando una amplia acogida en la producción de trucha arco iris, con la implementación de 250 criaderos registrados y constituidos como microempresas. Esto genera fuentes de empleo para cientos de personas, especialmente de bajos recursos económicos, siendo este grupo el más beneficiado al introducir la triploidía como técnica biotecnológica garantizada, sin necesidad de complejos procesos moleculares (Imaki, 2003).

Materiales y métodos

2.1 Análisis de la madurez sexual de reproductores y marcaje

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigaciones Acuícolas (CENIAC) ubicado en la Provincia de Napo, Cantón Quijos, Parroquia Papallacta, Sector Valle de Baños - Termas. Altura: 3.300 m. Se procedió a verificar el estado de madurez sexual de las truchas hembras

presionando suavemente el abdomen para comprobar la existencia de ovas maduras. Los machos adultos por lo general se mantienen en estado maduro durante toda la época (Imaki, 2003).

Los ejemplares seleccionados fueron separados del estanque y llevados hacia la sala de desove con la ayuda de un montacargas. Se anestesiaron usando aceite de calvo de olor (eugenol) a una concentración de 100 ppm. Los padrotes fueron medidos, pesados y marcados. Las hembras fueron marcadas con cánulas blancas bajo la aleta dorsal y los machos de color rojo.

2.2 Fertilización, shock térmico e incubación

Se recolectó aproximadamente 3088 gramos de ovas que corresponden alrededor de 39000 ovas de 12 hembras las cuales fueron fertilizadas con el semen de 6 machos. Se distribuyó porciones aproximadas de 1000 ovas fertilizadas en bandejas separadas. Los choques térmicos se aplicaron por inmersión de las ovas a baño maría y mantenidos a temperaturas y tiempos experimentales. Después de la administración de choque térmico se incubaron a una temperatura de 8°C y con oxigenación a saturación, por encima de 5.4 ppm, y caudal de 0.320 L*s-1 (Dillon, 1988; Imaki, 2003).

2.2.1 Descripción de los tratamientos

Se aplicaron 13 tratamientos incluidos el control con tres repeticiones cada uno para garantizar la estandarización de la técnica, se evaluaron tres factores y sus respectivas interacciones que a continuación detallamos.

N°	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN		
		Temperatura de choque (°C)	Tiempo de duración (min)	Tiempo de inicio postfertilización (min)
T1	T1D1P1	26	5	10
T2	T1D2P1	26	10	10
T3	T1D3P1	26	15	10
T4	T1D1P2	26	5	20
T5	T1D2P2	26	10	20
T6	T1D3P2	26	15	20
T7	T2D1P1	28	5	10
T8	T2D2P1	28	10	10
T9	T2D3P1	28	15	10
T10	T2D1P2	28	5	20
T11	T2D2P2	28	10	20
T12	T2D3P2	28	15	20
T13	T0D0P0	/	/	/

2.3 Selección de ovas

Luego de la aplicación de los choques térmicos en las ovas fecundadas éstas no pueden ser manipuladas de inmediato pues son muy delicadas, se esperó un tiempo de 3 días para empezar la eliminación de ovas muertas con la ayuda de una pipeta, para evitar la proliferación de hongos, este procedimiento se lo realizó en cada incubadora (Imaki, 2003).

2.4 Estudio de embriogénesis

Se realizó un estudio gradual de la embriogénesis, desde el momento de la fecundación para conocer los diferentes estadios de la ova fecundada y el tiempo en el que ocurre cada cambio. Para esto se tomó muestras de las incubadoras una vez por semana, colocándose en cajas petri identificadas para ser llevadas al laboratorio. La observación de las ovas se realizó con un estereoscopio marca NIKON SMZ-10, con el lente 10XA/24, las fotografías fueron tomadas con una cámara SONY MPEG MOVIE VX, 5.1 MP.

2.5 Alevinaje

Una vez eclosionadas las ovas se trasladaron a tinas de alevinaje ubicadas en el Laboratorio de Biotecnología e Investigación del CENIAC, para continuar su desarrollo. Cuando el saco vitelino está absorbido en un 90%, es la oportunidad para iniciar y acostumbrar la alimentación, de lo contrario los alevines adelgazarán y morirán por desnutrición. La frecuencia de alimentación es de 8-10 veces por día sin tener en cuenta el desperdicio. El alimento proporcionado contiene un 50% de proteína altamente digerible, iniciando con el pellet granulado < 0,6mm.

2.6 Traslado de alevines

Se procedió al traslado de los alevines desde el Centro de Investigaciones Acuícolas Papallacta hasta los estanques de Pailones perteneciente a la Hacienda El Prado (IASA) para continuar su desarrollo del primer alevinaje.

2.7 Medición de parámetros morfométricos

Los alevines fueron pesados y medidos cada quince días a partir de su reabsorción y consumo de alimento, se utilizó una balanza analítica METTLER PM100 y un calibrador, con los datos obtenidos se procede a calcular los parámetros morfométricos como peso, longitud, conversión alimenticia y eficacia del alimento.

2.8 Preparación de placas de frotis sanguíneos

Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento (8 alevines) y se trasladaron al laboratorio de Recursos Bioacuáticos del IASA para realizar la extracción de sangre. Se secó cuidadosamente la superficie del pez y se cortó el pedúnculo caudal en la región posterior a las aletas adiposa y anal respectivamente. La sangre que brota fue recogida en un capilar, se depositó una gota sobre un portaobjetos limpio extendiéndola con un cubreobjeto para obtener un frotis delgado. Se coloca una suficiente cantidad de metanol sobre las placas para fijar la muestra, se dejó secar al ambiente y se adicionó unas gotas de peróxido de hidrógeno por 10 seg. Se procedió a teñir las placas usando colorante sanguíneo Wright por 10 minutos.

2.9 Medición de volumen nuclear eritrocitario

Con el lente de 100x se observaron los frotis sanguíneos para medir los eritrocitos con un micrómetro, se registraron dos medidas el diámetro del eje mayor y el eje menor, el núcleo presenta una forma esferoide. La fórmula propuesta para conocer el volumen promedio de los núcleos para esta especie es $V = \frac{4}{3} \pi ab^2$ donde: a=eje mayor; b= eje menor. Se fotografiaron los eritrocitos medidos con una cámara SONY Cybershot 7.1 MP (Pineda et al., 2003).

Resultados y discusión

3.1 Mortalidad de las ovas luego de la aplicación del choque térmico

Se retiraron las ovas muertas a los tres días de la aplicación de los choques térmicos, esto demuestra el impacto de cada tratamiento sobre ellas, el

tratamiento más fuerte correspondió al choque con 28°C, 15 minutos de duración y 20 minutos postfertilización (Cuadro 1).

Se puede observar que a una temperatura de 26°C existe una mortalidad menor que al aplicar la temperatura de 28°C, esto podemos apreciarlo mejor en el Cuadro 2, ya que el porcentaje de ovas muertas para 26°C es de 5,7% mientras que para 28°C es de 10,6%. Pineda et al., (2003), afirma que existe una mayor mortalidad al someter a las ovas a temperaturas mayores de 28°C puesto que el choque es más fuerte, aunque tiene mayor probabilidades de inducir la triploidía a los ejemplares. Se nota claramente que la mortalidad en el control es menor debido a que su fecundación se dio en condiciones normales.

Cuadro 2 Cuadro auxiliar para la interacción T y D. CENIAC-Papallacta, 2008

		T		□ D	PROMEDIO D
		T1	T2		
	D1	19,1	48,4	67,5	5,6
D	D2	44,9	66	110,9	9,2
	D3	37,9	75,5	113,4	9,5
	□ T	101,9	189,9	291,8	
	PROMEDIO T	5,7	10,6		8,1

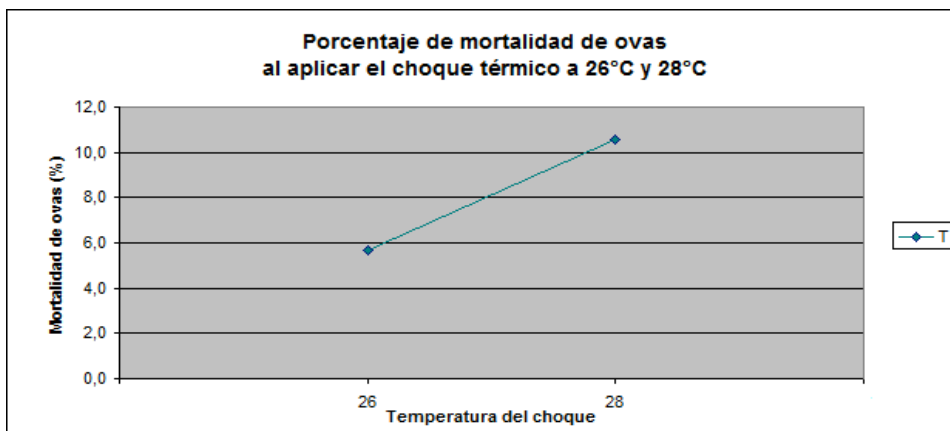


Figura 2 Porcentaje de mortalidad de ovas fertilizadas de trucha arco iris al aplicar los choques térmicos a 26°C y 28°C. CENIAC-Papallacta, 2008

En cuanto al tiempo postfertilización donde fueron aplicados los choques existe una mortalidad mayor a los 20 minutos con un valor de 9,7% frente al 6,5% que corresponde a los 10 minutos (Cuadro 3).

Cuadro 3 Cuadro auxiliar para la interacción T y P.

		T		□ P	PROMEDIO P
		T1	T2		
	P1	27,1	89,4	116,5	6,5
P	P2	74,8	100,5	175,3	9,7
	□ T	101,9	189,9	291,8	
	PROMEDIO T	5,7	10,6		8,1

En el cuadro 4 podemos observar que la mortalidad es mayor conforme aumenta el tiempo de duración del choque, a los 5 minutos el porcentaje es de 5,6%, a los 10 minutos 9,2% y a lo 15 minutos 9,5%, esto es confirmado por el trabajo realizado por Dillon, 1988 en donde a medida que se incrementa el tiempo de duración del choque para la inducción de triploidía existía una mortalidad cada vez más alta.

Cuadro 4 Cuadro auxiliar para la interacción D y P.

		P		□ D	PROMEDIO D
		P1	P2		
	D1	33,2	34,3	67,5	5,6
D	D2	39,4	71,5	110,9	9,2
	D3	43,9	69,5	113,4	9,5
	□ P	116,5	175,3	291,8	
	PROMEDIO P	6,5	9,7		8,1

La Figura 3, muestra la interacción entre el tiempo de duración del choque y tiempo de inicio postfertilización a 26°C; se observa que a los 5 minutos de duración el porcentaje de mortalidad es menor frente a los 10 y 15 minutos, esto se aprecia al analizar su interacción con el tiempo postfertilización. Existe diferencia entre P1 y P2, a los 10 minutos. El porcentaje de mortalidad es menor tanto a los 5, 10 y 15 minutos de duración (8,9%, 8,4% y 9,8 % respectivamente); a los 20 minutos postfertilización la mortalidad es mayor. Se observa que a los 5, 10 y 15 minutos de duración la mortalidad se mantiene en: 10,2%, 36,5% y 28,1% respectivamente.

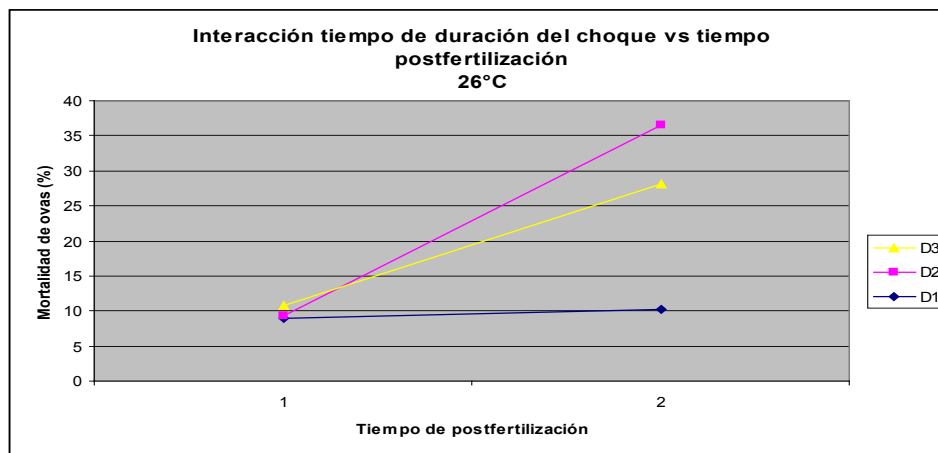
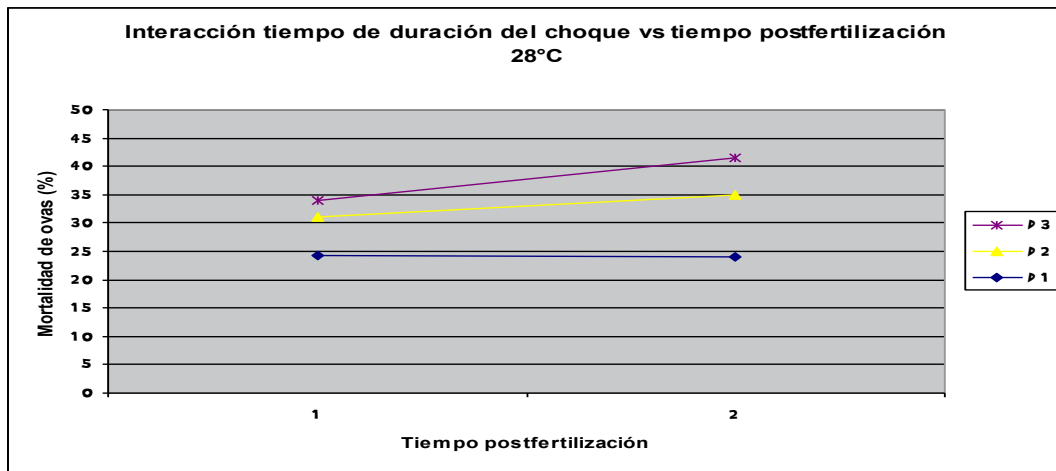


Figura 3 Interacción DP a 26°C evaluada sobre el porcentaje de mortalidad de las ovas fertilizadas de trucha arco iris luego del choque térmico.

La Figura 4 , muestra la interacción entre el tiempo de duración del choque y el tiempo de inicio postfertilización a 28°C, se aprecia que a los 5 minutos de duración el porcentaje de mortalidad es menor frente a los 10 y 15 minutos. Esto se contrasta con el análisis de tiempo postfertilización en donde no existe una diferencia mayor de mortalidad entre P1 y P2. A los 10 minutos la mortalidad es de 24,3%, 31% y 34,1 % respectivamente con los tratamientos respectivos. A los 20 minutos postfertilización la mortalidad es levemente mayor :24,1%, 35% y 41,4% respectivamente.

Figura 4 Interacción DP a 28°C evaluada sobre el porcentaje de mortalidad de las ovas fertilizadas de trucha arco iris luego del choque térmico.






3.3 Medición del volumen del núcleo del eritrocito y porcentaje de triploidía. Los núcleos de los eritrocitos de *Oncorhynchus mykiss* son de forma esferoide por lo tanto presenta un diámetro mayor y uno menor; existe una diferencia notoria de su tamaño entre individuos diploides y triploides ya que en estos últimos al tener una carga genética adicional aumenta la cantidad de ADN nuclear proporcionando una medida cualitativa para la determinación de triploidía, según lo afirma Arai, 2000.

Las Figuras 17 y 18 nos muestran los núcleos de los eritrocitos de trucha arco iris diploide que alcanzaron un diámetro mayor de 5 a 6,5 μm , un diámetro menor de 1 a 1,2 μm y un volumen calculado de 185,30 a 224,05 μm^3 .

Los núcleos eritrocitarios de las truchas triploides presentan un diámetro mayor de 7,5 a 10 μm , un diámetro menor de 1,2 a 1,5 μm y un volumen calculado de 366,66 a 422,17 μm^3 (Figuras 19,20).

En las placas de frotis sanguíneos de *Oncorhynchus mykiss* triploides se encontraron algunos eritrocitos que presentaron una anormal segmentación de los núcleos (Figura 21), ésta división se aprecia como una constricción en la mitad del núcleo, esto concuerda con lo demostrado por Asow (2004) quien describió estas alteraciones en peces triploides especialmente en *Salvelinus fontinalis*.

 <p>Figura 17 Núcleo del eritrocito de trucha arco iris diploide. Diámetro mayor</p>	 <p>Figura 18 Núcleo del eritrocito de trucha arco iris diploide. Diámetro menor</p>
 <p>Figura 19 Núcleo del eritrocito de trucha arco iris triploide. Diámetro mayor</p>	 <p>Figura 20 Núcleo del eritrocito de trucha arco iris triploide. Diámetro menor</p>

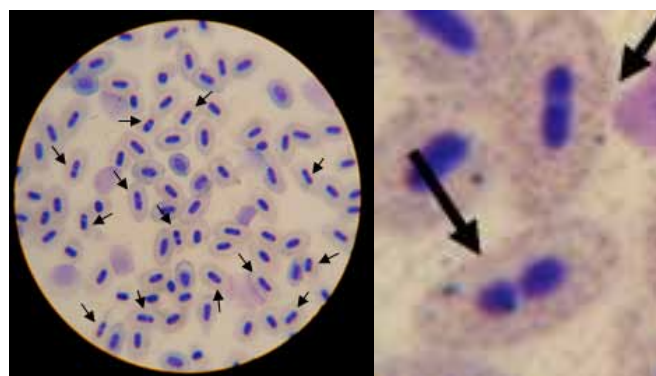


Figura 21 Eritrocitos de trucha arco iris triploide con núcleos segmentados (flechas negras)

El cuadro 6 nos indica los porcentajes de triploidía de cada uno de los tratamientos, se observa que al aplicar choques térmicos de 26°C y 5 minutos de duración no se presentó ningún efecto, puesto que no se obtuvo ningún

individuo triploide (0%). A los 10 y 15 minutos de duración de choque a 26°C los porcentajes de triploidía fueron menores del 33%. El mejor tratamiento donde se obtuvo el 100% de triploidía fue el choque con 28°C durante 10 minutos y 10 minutos posfertilización. A los 10 y 15 minutos de duración de choque a 28°C los porcentajes de triploidía fueron menores del 50%.

Cuadro 6 Número y porcentaje de individuos diploides y triploides por tratamiento obtenidos mediante la medición del volumen nuclear eritrocitario. Hda. El Prado IASA- Sangolquí 2008

TRATAMIENTO	NUMERO DE MUESTRA	DIPLOIDES		TRIPLOIDES	
		n individuos	%	n individuos	%
T1	12	12	0	0	0
T2	12	8	66,7	4	33,3
T3	12	9	75	3	25
T4	12	12	0	0	0
T5	12	10	83,3	2	16,7
T6	12	9	75	3	25
T7	12	10	83,3	2	16,7
T8	12	0	0	12	100
T9	12	3	25,0	9	75,0
T10	12	11	91,7	1	8,3
T11	12	6	50	6	50
T12	12	7	58,3	5	41,7
T13	12	12	100	0	0

3.4 Conversión alimenticia y Eficiencia del alimento

En el cuadro 5 constan los Factores de Conversión Alimenticia y la Eficiencia del alimento de las truchas arco iris sometidas a los tratamientos de inducción de triploidía mediante la aplicación de choques térmicos. Los valores se encuentran entre los rangos establecidos de una correcta asimilación del alimento que por lo general debe estar entre 60-80% (Imaki, 2003).

De acuerdo a los datos obtenidos por Morales (2004) el factor de conversión alimenticia y eficiencia de alimento en trucha arco iris fue de 1,34 y 75% respectivamente por lo que podemos afirmar que los datos presentados concuerdan con este estudio.

Cuadro 5 Factor de Conversión Alimenticia y Eficiencia Alimenticia.

TRATAMIENTO	Factor de Conversión Alimenticia	Eficiencia del Alimento (%)
T1	1,44	69,28
T2	1,42	70,22
T3	1,40	71,41
T4	1,65	60,61
T5	1,66	60,19
T6	1,57	63,83
T7	1,51	66,02
T8	1,25	80,13
T9	1,30	77,13
T10	1,56	64,05
T11	1,44	69,45
T12	1,44	69,32
T13	1,57	63,53

Conclusiones

1. La aplicación del choque térmico a 28°C ocasionó una mayor mortalidad de las ovas, así como también durante los 20 minutos de inicio de fertilización y una duración de 10 y 15 minutos del choque.
2. La oculación o inicio del estado embrionario ocurrió a los 23 días a partir de la fecundación y eclosionaron a los 40 días considerándose normal ya que está dentro de los tiempos establecidos para la temperatura mencionada.
3. En el estudio gradual de la embriogénesis se demostró el paso de los estadios de la ova fecundada: mórula, 24 horas; blástula, 48 horas; gástrula, 8 días; neurula, 16 días; embrión oculado, 23 días y eclosión, 40 días.

4. Las ovas necesitaron una acumulación de temperatura de 320°C desde su fecundación hasta su eclosión, es decir que necesitó esa cantidad de temperatura para completar su desarrollo embrionario.
5. El tratamiento más efectivo para la inducción de triploidía fue el choque térmico a 28°C, 10 minutos de duración y 10 minutos postfertilización con un porcentaje de triploidización del 100%.
6. Los núcleos de los eritrocitos de trucha arco iris triploide tienen un diámetro y volumen mayor con medidas de 7,5 a 10,5 μm y 366,66 a 422,17 μm^3 respectivamente; frente a los individuos diploides que presentaron un diámetro y un volumen de 5 a 6,5 μm y 185,30 a 224,05 μm^3 respectivamente.
7. Los individuos triploides obtuvieron factores de conversión alimenticia más bajos (1,25 y 1,30) y por lo tanto una mejor eficiencia del alimento (80% y 77%), esto implica que su asimilación del alimento es mejor.

Bibliografía

1. Arai K. (2000). Genetic improvement of aquaculture finfish species by chromosome manipulation techniques in Japan. *Aquaculture*.197, 205-228.
2. Asow, T., Kuzminski, H., Woznicki, P. & Ziomek, E., (2004). Blood Cell Alteration in Triploid Brook Trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Acta Veterinaria*, 73, 115-118.
3. Baker, R., Hamilton, M. & Parish, A., (2003). Preparations of mammalian karyotypes under fields conditions. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 228:8.
4. Blanco, M. (1995). *La trucha: cría industrial*. Madrid: Mundi-Prensa Libros. (2da ed.).
5. Bustos, C., & Landaeta, M., (2005). Desarrollo de huevos y larvas tempranas de la merluza del sur, *Merluccius australis*, Cultivados bajo condiciones de laboratorio. *Revista Comunicaciones Breves* 69(2), 402-408.
6. Chourrout D. (1980). Thermal induction of diploid gynogenesis and triploidy in the eggs of the rainbow trout (*S gairdneri*) after fertilization with gamma irradiated sperm. *Reprod. Nutr Dev.* 20, 719-726.

7. Díaz, N., & Neira, R. (2005). Biotecnología Aplicada a la Acuicultura. Biotecnologías clásicas aplicadas a la reproducción de especies cultivadas. *Ciencias e Investigación Agraria*, 32(1), 45-59.
8. Dillon, J. (1988). Production of Triploid Rainbow Trout for Evaluation in South Dakota Waters. Dakota State University.
9. Dillon, J., & Alexander, Ch., (1997). Hatchery Trout Evaluations, Sterile Trout Investigations. Fishery Research Job Performance Report. 110 (1), 13-21
10. Imaki, A., (2003). Manual de Manejo y Crianza de Trucha arcoiris. Quito: GD.
11. Le Comber, S., & Smith, C., (2004). Polyploidy in fishes: patterns and processes. *Biological Journal of the Linnean Society*. 82, 431-442.
12. Ortiz, J., Rueda, D., Acosta, A., Garcés, J., Dávila, A., & Solís, T. (2006). Estudio morfológico y citogenética de la preñadilla (*Astroblepus ubidai*). *Revista Ciencia*. 9(2), 173-182.
13. Pérez Carrasco, L., Penman, D., & Bromage N. (1999). Parámetros Morfométricos de Interés Comercial en Trucha Arcoiris Triploide, *Oncorhynchus mykiss*. Escocia: University of Stirling.
14. Pineda, H., Jaramillo, J., Echeverri, D., & Olivera, M. (2003). Triploidía en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 17(1), 45-52.
15. Rougeot, C., Minet, L., Prignon, C., Vanderplasschen, A., Detry, B., Pastoret, P., & Mélard, Ch. (2003). Induce triploidy by heat shock in Eurasian perch, *Perca fluviatilis*. *Aquatic Living Resources*. 16, 90-94
16. Valdebenito, I., Vega, R., Alfaro, D., & Sobrazo, C., (1996). Inducción comercial de triploidía en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Agro Sur*. 24(2), 223-228.
17. Vozzi, P., Sánchez, S., & Permingeat, E., (2003). Inducción de triploidía en *Rhamdia quelen*. *Boletín del Instituto de Pesca Sao Paulo*. 29(1), 87-94.
18. Wagner, E., (2001). Utah Begins Triploid Rainbow Trout Production. *The Ichthyogram Review*. 12 (1), 1-3.

Capítulo

4

ALIMENTACIÓN

4. Alimentación

1. Generalidades

La producción eficiente de especies en sistemas de cultivos intensivos y semi-intensivos requiere del uso de alimentos artificiales como fuente primaria y suplementaria de nutrientes. Las dietas controladas se basan en raciones y porcentajes equilibrados de proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que suplen las necesidades energéticas del individuo en procesos de crianza (Blanco, 1995).

La necesidad de proteína animal de alta calidad, incide directamente en la rentabilidad de la industria acuícola del Ecuador. La trucha es un pez de dieta alimenticia selecta y específica la cual depende del estadio de desarrollo en que se encuentre. Los precios por kilogramo de alimento balanceado para trucha arco iris se han incrementado drásticamente en los últimos años debido a los altos precios de la harina de pescado (Tabla 1).

Tabla 1. Precio del alimento balanceado por kilogramo de peso (USA\$).

Tipo de alimento	Año 1999	Año 2004	Año 2008	Incremento (%)
Iniciadores	0.90	1.16	1,15	28
Crecimiento	0.54	0.60	1,048	94
Engorde (pigmento)	0.72	0.77	1,048	45
Promedio	0.72	0.84	1,082	50

Fuente: Pro formas año 1999, 2004,2008 de GISIS, Biomix. IASA 2004 - 2008.

La harina de pescado es la fuente proteínica animal más comúnmente usada en las dietas y es el principal ingrediente de alimentos manufacturados comercialmente debido a su alta palatabilidad y buen balance nutritivo (Sudaryono et al.,1999).

Los niveles de inclusión de harina de pescado en dietas comerciales varia de 10 al 50% (Akiyama & Dominy 1991; Tacon 1993). Esta dependencia en el uso de harina de pescado como componente proteínico principal en dietas formuladas es un factor que incide de manera significativa en los costos de operación del cultivo de camarón y salmón. Los costos de producción

por kilogramo de trucha en promedio nacional es de \$USA 2.40 - 3.00, representando el 45% del costo operacional por kilogramo producido (Ortiz, 2006).

Varios investigadores buscan alternativas vegetales para disminuir las dosis de inclusión de harina de pescado en la elaboración de balanceado. Dado por su contenido proteico y perfil aminoacídico, existen productos aptos para la inclusión. La mayoría de estudios realizados con fuentes proteicas alternativas, han sido evaluadas en términos de crecimiento, pero para obtener tasas de crecimiento aceptables a nivel industrial, se necesita que una dieta no solo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, sino que también debe ser ingerida, digerida y absorbida en la cantidad adecuada (Akiyama et al., 1991).

Tabla N° 2. Porcentaje de fibra, contenido de energía en materia seca (DMEC), digestibilidad aparente de materia seca (ADMD) y energía digestible aparente (AED) de harinas de origen vegetal.

Ingredient	Ash (%)	DMEC (kcal g ⁻¹)	ADMD (%)	AED (%)
Corn Gluten ¹	1.48 ± 0.02	5.67 ± 0.00	39.6 ± 1.1 ⁿ	42.6 ± 3.6 ^p
Distillers Grains ¹	5.02 ± 0.13	5.33 ± 0.03	45.0 ± 4.3 ⁿ	51.1 ± 3.0 ^o
Soybean Meal (48% Solvent Extract) ¹	7.40 ± 0.12	4.42 ± 0.01	78.2 ± 1.8 ^{c,d,e}	86.5 ± 1.7 ^{c,d,e,f,g,h,i}
Soybean Meal (Full Fat) ¹	5.31 ± 0.08	5.56 ± 0.03	64.3 ± 2.4 ^{h,i,j,k}	75.9 ± 4.2 ^{i,j,k}
Soybean Meal (Isolated, 90%) ¹	4.65 ± 0.02	5.38 ± 0.01	80.0 ± 1.8 ^c	88.0 ± 2.3 ^{b,c,d,e,f,g,h}

¹Zeigler Brothers, Gardners, PA, USA

Por esta razón, es esencial obtener información sobre la digestibilidad de los ingredientes constituyentes, ya que una dieta puede parecer una excelente fuente de nutrientes debido a su valor nutritivo pero si no puede ser digerida y absorbida, los nutrientes no serán aprovechados por el animal (Akiyama et al., 1991; Sudaryono et al., 1999).

Tabla N° 3. Porcentaje de fibra, contenido de energía en materia seca (DMEC), digestibilidad aparente de materia seca (ADMD) y energía digestible aparente (AED) de harinas de pescado.

Ingredient	Ash (%)	DMEC (kcal g ⁻¹)	ADMD (%)	AED (%)
Fish Meal (Anchovy) ¹	14.99 ± 0.23	5.16 ± 0.01	80.6 ± 2.5 ^c	95.1 ± 1.2 ^{a,b,c,d}
Fish Meal (Anchovy-Peru) ²	14.37 ± 0.16	4.77 ± 0.02	76.2 ± 4.5 ^{c,d,e,f}	88.1 ± 4.8 ^{b,c,d,e,f,g,h}
Fish Meal (Herring) ¹	12.21 ± 0.03	5.30 ± 0.01	74.3 ± 4.3 ^{c,d,e,f,g}	94.7 ± 1.7 ^{a,b,c,d,e}
Fish Meal (Hoki-New Zealand) ²	17.76 ± 1.55	4.62 ± 0.03	64.1 ± 2.2 ^{h,i,j,k}	92.2 ± 2.9 ^{a,b,c,d,e,f,g}
Fish Meal (Mackerel-Chile) ²	16.92 ± 0.00	4.54 ± 0.04	71.1 ± 4.3 ^{e,f,g,h}	91.0 ± 5.0 ^{a,b,c,d,e,f,g}
Fish Meal (Menhaden) ¹	20.09 ± 0.21	4.80 ± 0.03	69.3 ± 2.4 ^{f,g,h,i}	92.9 ± 4.6 ^{a,b,c,d,e,f}
Fish Meal (Menhaden) ¹	29.15 ± 0.35	4.42 ± 0.03	51.1 ± 4.2 ^m	79.4 ± 2.7 ^{h,i,j,k}
Fish Meal (Menhaden) ³	21.25 ± 0.09	4.64 ± 0.01	60.5 ± 0.5 ^{k,l}	88.9 ± 4.3 ^{b,c,d,e,f,g,h}
Fish Meal (Misc. Species-Asian) ²	22.66 ± 0.51	4.14 ± 0.02	55.4 ± 4.5 ^{l,m}	76.4 ± 2.4 ^{i,j,k}
Fish Meal (Misc. Species-Peru) ²	16.17 ± 0.04	4.76 ± 0.01	67.8 ± 4.6 ^{g,h,i,j}	88.7 ± 3.8 ^{b,c,d,e,f,g,h}

1 Zeigler Brothers, Gardners, PA, USA

2 Evialis, Vannes Cedex, France

3 Omega Protein Corporation Inc., Houston, TX, USA

Estudios sistemáticos en la búsqueda de fuentes alternativas de proteína, han sido desarrollados en diferentes regiones y con especies distintas, especialmente en la nutrición de camarones peneidos. Estos trabajos se iniciaron en Japón a partir de 1970, lográndose definir los requerimientos nutricionales esenciales para crecimiento y desarrollo de la especie *Penaeus japonicus* (Ramos et al., 2001). Desde entonces, comenzó la producción artificial de dietas, lo que ha representado uno de los objetivos de investigación más importantes en la producción de camarones y salmones en general.

Desde 1984 a 1990, la producción mundial de acuicultura se ha incrementado en una tasa promedio anual de alrededor del 14%. Como consecuencia de esta mayor demanda y considerando que los volúmenes de producción de harina de pescado no sobrepasan los 6-7 millones de TN al año, se espera que el precio se incremente (Hardy y Tacon, 2002). Por ejemplo, durante los años del fenómeno de "El Niño", tales como 1972, 1977, 1987, 1992 y más recientemente, 1998, las poblaciones de peces y consecuentemente la producción de harina de pescado por parte de Perú y Chile han sido reducidas. Esto disminuye la cantidad de harina de pescado negociada a

través del mundo en un 50%, aumentando su valor comercial en un 200%. El precio puede sobrepasar los US \$ 600 por tonelada, precio FOB de Perú, comparado a US \$300 por tonelada durante los períodos de abundancia (Hardy y Tacon, 2002).

La investigación actual se enfoca al uso de ingredientes y concentrados de proteína de plantas (Mbahinzireki et al., 2001), con gran potencial para usarlas en la alimentación acuícola, por su buen contenido de proteína, bajos costos y disponibilidad (Orr, 1994).

Tabla N° 4. Composición de algunos productos vegetales (%).

Tabla comparativa	Pescado ³	Amaranto ¹	Quinua ²	Maíz ⁴	Pasta de soya ⁴
Energía (Kcal/kg)	2866			3417	2425
Proteína	64.0	15.54	12-16	8,9	42,9
Cenizas	24.0	3.61	3.3	13,0	6,0
Calcio	7.50	0.14	0.07	0,03	0,26
Fósforo	4.50	0.54	0.4	0,26	0,61
Fibra cruda	0.9	5.21	4.1	2,6	5,9
Carbohidratos	-	62.0	59.7	-	-

1 Fuente: Monteros et al. 1994, 2 Fuente: Olsen, 2002, 3 Fuente: Wheyfeed Ltd., 4. Campos, 1993.

Tabla N° 5. Perfil aminoacídico por cada 100 g de proteína de varias materias primas. (%)

Aminoácido	Pescado ⁴	Amaranto ¹	Quinua ²	Chocho ³	Maíz ⁵	Torta de Soya ⁵
Lisina	8.07	8.00	8.40	1.65	0,25	2,79
Histidina	2.46	2.50	4.60	0.81	0,26	1,14
Arginina	5.47	10.00	7.40	2.96	0,43	3,07
Metionina	3.01	4.20	5.50	0.24	0,17	0,65
Treonina	4.37	3.60	5.70	1.14	0,35	1,72
Isoleucina	3.69	3.70	7.00	1.37	0,35	2,63
Leucina	7.38	5.70	7.30	2.24	1,21	3,62
Valina	4.78	4.30	7.60	1.26	0,44	2,28
Fenilalanina	3.96	7.70	5.30	1.15	0,48	2,20

1Fuente: Monteros et al., 1994. 2Fuente: Olsen,2002. 3Fuente:FAO,1989.

4Fuente:Pereira,2003 , 5 Fuente: Campos 1993

Al respecto, es indudable que la mayor atención se ha focalizado en los estudios sobre la harina de soya, como sustituto de proteína de origen animal (Akiyama,1991 ; Cajo y De la Torre,2000) debido a su calidad nutricional, bajo costo y constante disponibilidad (Mbahinzireki, 2001). La harina de soya es uno de los ingredientes que alterna con la harina de pescado en las dietas comerciales para especies acuáticas (Lim et al., 1998; Hardy, 1999). Por ejemplo, en trabajos más tempranos demostraron que la harina de soya podía efectivamente reemplazar hasta 42% de proteína de harina de pescado en alimentos para *L.vannamei* (Lim & Dominy 1990;1998); pero cuando la soya fue co-extruida con subproductos de aves se reportaron reemplazos de hasta un 80% de la harina de pescado sin tener efecto adverso sobre la supervivencia y conversión alimenticia (Davis & Arnold 2002). En peces, el éxito de incorporar altos niveles de harina de soya en las dietas ha dependido de combinarla con otras fuentes de proteínas ó suplementarla con aminoácidos, como la metionina y lisina que son deficientes en ellas (Pongmaneerat & Watanabe 1992; El-Saidy & Gaber 1997, 2003; Cajo & De la Torre, 2000).

La harina del gluten de maíz ha sido evaluada como única fuente proteínica o combinada con otras fuentes de proteínas para reemplazar a la harina de pescado en ciertos peces (Moyano, Cardenete & De La Higuera1992). En trucha arco iris y Sea bass europeo, la harina de gluten de maíz reemplazó 40% y 35% de harina de pescado respectivamente, sin efectos negativos sobre el desempeño biológico de los peces (Morales et al., 1994, Ballestrazzi et al., 1994).

Otra leguminosa con potencial es *Pisum sativum*, *Brassica sp* (canola), entre otros, han sido evaluadas en alimentos para especies acuáticas (Gouveia & Davies, 1998, 2000; Carter & Hauler, 2000). La cantidad y calidad proteínica de la harina de canola es favorable para dietas en salmónidos (Thiessen et al., 2003). Varios procedimientos en el proceso pueden disminuir el contenido de factores antinutricionales y concurrentemente, incrementar la concentración de proteína en la harina de canola. Satoh et al., (1998), recomienda el procesamiento de extrusión de la harina de canola para mejorar el nivel nutricional, teniendo como evidencia un crecimiento positivo en el cultivo de salmones en general (*Oncorhynchus tshawytscha*) en aguas salobres

La extrusión de *Pisum sativum* (guisantes) y *Brassica napus* (rapeseed), lograron reemplazar hasta 66% de harina de pescado en dietas para trucha arco iris.

Harinas de semilla de algodón, girasol y lino, comúnmente incorporadas en dietas balanceadas en peces demostraron un reemplazo de más del 50% de harina de pescado en dietas para tilapia (El-Saidy y Gaber, 2003). La harina de semilla de algodón es ampliamente usada como un suplemento proteínico en el ganado debido a su alto contenido de proteína y amplia disponibilidad (Mbahinzireki et al., 2001), sin embargo es importante considerar el contenido de gosispol.

Otra leguminosa empleada en nutrición animal es el chocho (*Lupinus sp.*), considerado como una de las fuentes de origen vegetal con gran potencial a ser usado en alimentos para acuicultura, debido a su alto contenido de proteína (32-36%), bajos costos y disponibilidad (Orr, 1994; Jenkins et al., 1994). Estudios recientes sugieren que la harina de la semilla de chocho puede ser una buena fuente alternativa cuando es utilizada con niveles hasta el 30 o 40% en dietas para trucha arco iris (Morales et al., 1994).

Aunque la mayoría de la investigación se ha enfocado en la evaluación de oleaginosas y sus productos derivados, algunos estudios con semillas de leguminosas han mostrado también resultados prometedores (Olvera-Novoa, Pereira-Pacheco, Olivera-Castillo, Perez-Flores, Navarro & Samano 1997; Gouviea & Davies, 2000). Por ejemplo, la *Sesbania aculeata* podría ser incorporada hasta un 12 % en dietas para carpa común, sin afectar el crecimiento (Hossain et al., 2001). Otras leguminosas que se conocen también como ingrediente proteico secundario son: la harina o pasta de cacahuate (*Arachis hypogaea*), alfalfa (*Medicago sativa*), fréjol (*Phaseolus spp.*), haba (*Vicia faba*), vigna (*Vigna unguiculata*), canavalia (*Canavalia ensiformes*), *Sesbania* (*Sesbania grandiflora*), y hojas de leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Olvera Novoa y Olivera Castillo 1998). Otra fuente de proteína vegetal pueden ser las cáscaras de cacao (Pouomogne et al., 1997).

Dentro de otras especies de origen vegetal con alto contenido nutricional están las especies vegetales de *Amaranthus sp.* El grano de amaranto tiene alto contenido nutricional y energía similar a la de los granos de cereales y alrededor del doble de cantidad proteica, con una composición superior de

aminoácidos. El grano puede servir como un sustituto adecuado por el grano de maíz en alimentación de aves y parcialmente reemplazar los ingredientes costosos de proteína animal (Kabuage et al., 2002, Ortiz et al., 2006). Otro grano con alto valor nutricional es el Quinua (*Chenopodium quinoa*), que es una planta anual de las regiones andinas. El grano es pequeño, y puede ser usado como harina, o tostado, agregado a las sopas o hecho en pan. Es rica en aminoácidos particulares, los cuales son escasos en otros cereales (Jacobsen, 2002). La Quinua es también una fuente de vitaminas y minerales y tiene alto contenido en hierro (Repo-Carrasco et al., 2001). La Quinua posee un sinnúmero de variedades diferentes que sobreviven en un amplio rango de condiciones extraordinarias (Risi, 2001).

Algunos resultados en varios países bajo condiciones experimentales o de laboratorio han demostrado que es posible reemplazar la harina de pescado con diferentes tipos de alimentos que contengan sub-productos de aves de corral y plumas (Fowler, 1990); así como también con sub-productos de la carne, tales como la harina de sangre y la harina de hueso (Naylor et al., 2000; Bastidas y Cartagena, 2004).

Por otro lado, los lípidos en la dieta animal tienen efectos directos en el metabolismo, entre los que incluye la modulación de la lipogénesis. Los lípidos son importantes como fuente de ácidos grasos poliinsaturados esenciales (PUFAS), componentes de los fosfolípidos de la membrana celular y vehículo biológico en la absorción de vitaminas. Además los ácidos grasos libres derivados de los triglicéridos son fuente principal de combustible aeróbico para el metabolismo del músculo del pez (Molina, 2003).

Los peces son incapaces de síntesis de novo de PUFAS, grupo linoléico (18:2n-6) y linolénico (18:3n-3), Bautista, (2005) como el 20:4 (n-3) y particularmente el 22:6 (n-3), por lo que estos son nutrientes esenciales, lo que significa que deben ser aportados por las dietas. Los vegetales tienen la capacidad de síntesis de los grupos n-3 y n-6, mientras que los animales son capaces de sintetizar AG saturados: acetatos de cadena n-9 y monoinsaturados. (Jobling et al., 1994).

La composición de los ácidos grasos poliinsaturados (PUFAS) que contiene los peces de agua dulce no es igual a los peces de agua salobre. En medio marino, el zooplancton se alimenta de microalgas que contienen un

20% de su peso seco como lípidos polares, y más del 50% en forma de PUFAS n-3. Los animales planctívoros contienen entre 30 a 60% de lípidos neutros de los cuales el 25% pueden estar en forma de PUFAS n-3 y ser transferidos a los peces en un 10% en forma de alimento. Los ácidos grasos 20:4 (n-3) y particularmente el 22:6 (n-3) son abundantes en los peces; los aceites de pescado de agua dulce contienen mayores proporciones de ácidos dienoico y trienoico, especialmente 20:4 (n-6) que su contraparte marina. De manera inversa, las concentraciones de 20:5 (n-3) y 22:6 (n-3) decrecen de alguna manera en los peces de agua dulce, al compararlos con los peces marinos (Sargent et al., 2003; Jobling et al., 1994).

La trucha arco iris alimentada con dietas conteniendo ácidos grasos de la serie (n-3), presentaron un buen desarrollo a diferencia de aquellas que fueron alimentadas con dietas que contenían PUFAS de la serie n-6. Este grupo de compuestos es conocido por tener un papel fisiológico central en la regulación de la respiración y reproducción. Por otro lado, la trucha presenta un requerimiento esencial pequeño por la serie n- 6, especialmente por el PUFA 20:4 (n-6), sin embargo algunos peces presentan buenas tasas de crecimiento con dietas bajas en ácidos grasos de la serie (n-6))(Sargent et al., 2003; Jobling , 1994). En el caso del salmón, del total de lípidos de la dieta, se recomienda un 20% de ácidos grasos como 18:3 (n-3) o 10% de PUFAS de cadena larga como 20:5 (n-3) o 22:6 (n-3), 1% como 18:2 (n-6) y 18:3 (n-3) o 0.5 - 1% como PUFAS (n-3) de cadenas mayores (Jobling et al., 1994).

Deficiencia de PUFAS refleja baja conversión del alimento y lento crecimiento. Además provoca, en algunas especies, infecciones que erosionan las aletas y/o las mandíbulas. La acumulación de grasas en el hígado, puede ser provocado por la deficiencia de algún ácido graso esencial que inhibe el transporte de lípidos desde el hígado. Otras alteraciones observadas en algunos peces, son la reducción en la cantidad y calidad de huevos, daños en el riñón y reducción en el tamaño del hígado (Jobling et al., 1994).

Los aceites vegetales son económicos y poseen un contenido inferior en dioxinas. Sin embargo no existen aceites vegetales ricos en n-3 HUFA, a excepción del aceite de linaza. Se hallan pocos aceites ricos en sus n-3 PUFA precursores, siendo los ácidos grasos más abundantes el 18:1n-9 y el 18:2n-6. Los expertos en medicina y nutrición creen que el consumo excesivo

de ácido linoléico (18:2n-6) derivado de los aceites vegetales constituye un factor de riesgo en relación con enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares. Los resultados obtenidos hasta la fecha, parecen indicar que, al menos, esta acumulación de 18:2n-6 en la musculatura del pez, es reversible en parte a corto- medio plazo, mediante la reposición de los n-3 HUFA en la dieta previamente a la comercialización del pescado (Rodríguez et al., 2005). El reemplazo de aceite de pescado en salmónidos, por ciertos tipos de aceites vegetales, hasta en un 100%, no afecta el crecimiento, pero altera la composición corporal de las grasas. El efecto de aceites vegetales en el metabolismo de AG en el hígado de truchas, se ve alterado, por la necesidad de elongar y desaturar los ácidos grasos de cadena larga n-3 altamente insaturados (HUFA). Además un mayor engrasamiento del pez va en detrimento de la calidad del producto final dando lugar a problemas de enranciado (Alvarez, 2005).

2. Requerimientos nutricionales y perfil enzimático

Tabla N° 6. Análisis Calculado de las dietas para diferentes períodos fisiológicos de trucha (%)

Fase de cultivo		Iniciación	Crecimiento	Engorde
Peso (g)		0,5 - 35	35-500	>500
Energía (kcal D.E./kg)		4800	4900	4700
Proteína bruta (% en pienso)		50	44-46	42-44
D.P/D.E (mg/kcal)		97	84	83
Aminoácidos (% proteína)		(% pienso, calculado en proteína bruta)		
		50	46	42
Lisina	3,98	1,99	1,83	1,67
Metionina	2,85	1,43	1,31	1,19
Metionine+Cistina	3,75	1,88	1,73	1,57
Treonina	2,10-3,73	1,05-1,87	0,97-1,72	0,88-1,57
Triptófano	0,40-0,59	0,20-0,30	0,18-0,27	0,17-0,25
Arginina	4,1	2,05	1,89	1,72
Histidina	2,02	1,01	0,93	0,84
Isoleucina	1,90-2,70	0,95-1,35	0,87-1,24	0,80-1,13
Leucina	3,30-4,78	1,65-2,39	1,52-2,19	1,39-2,00
Fenilalanina+Irosina	3,40-4,85	1,70-2,43	1,56-2,23	1,43-2,03
Valina	2,20-3,15	1,10-1,58	1,01-1,45	0,92-1,32
Minerales (% de pienso)				
Calcio		1,5	1,5	1,5
Fósforo disponible		1,3	1,3	1,3
Ca/P óptimo		-	-	-

Fuente: Adiseo e-Rhodimet Nutrition Guide. 2003. Versión 1.0

La utilización de ingredientes de origen vegetal y animal, dependerá de los requerimientos nutricionales y la actividad enzimática en cada etapa fisiológica de la especie en estudio. Para trucha arco iris los requerimientos nutricionales son altos, y al momento de sustituir el consumo natural y elaborar un alimento alternativo o balanceado debemos cumplir con las demandas fundamentales en cada etapa de producción:

Tabla N° 7 Principales enzimas, secretada en forma de pro enzimas en peces

	Enzima	Actividad	Organo	Especie
Proteasas	Pepsina	hidrólisis de la uniones internas	estómago	todas las especies con estomago
	Tripsina	hidrólisis de la uniones internas	páncreas	todas las especies
	Chimo tripsina	hidrólisis de la uniones internas	páncreas	todas las especies
	Elastasa	hidrólisis de la uniones internas	páncreas	todas las especies
	Colagenasa	hidrólisis de la uniones internas	páncreas	todas las especies
Peptidasas	carboxipeptidasas A y B	hidrólisis de la uniones externas	páncreas	todas las especies
	Carboxilesterasa	hidrólisis de los pépticos	páncreas	todas las especies
Glucosidasas	amilasa	hidrólisis de los almidones (α 1 - 4)	páncreas	todas las especies
	quitinaza	hidrólisis de las quitinas	estómago, páncreas y otros tejidos	especies que se alimentan principalmente de insectos y crustáceos
Lipasas	complejo lipasa colipasa	hidrólisis de los triacylgliceroles especialmente de posición α	páncreas	todas las especies
	esterazas	hidrólisis de los triacylgliceroles y otros lípidos	páncreas	todas las especies
Nucleasas	ribonucleasas	hidrólisis de los ácidos nucleicos	páncreas	

Fuente: Molina et al., 2003

Las enzimas digestivas juegan un rol fundamental en el proceso de utilización de los alimentos (nutrientes). Básicamente la función digestiva se enfoca a la hidrólisis de uniones químicas. Estas enzimas son secretadas a nivel de estómago (glándulas gástricas), páncreas, epitelio intestinal, e hígado. El hígado es uno de los principales órganos dentro del proceso digestivo, que además de producir la bilis y sales biliares, sirve para la síntesis, detoxificación y almacenaje de nutrientes. El páncreas es una fuente primaria de digestión enzimática en la mayoría de los animales, así como productor de zimógenos (precursores de enzimas) (Molina et al., 2003).

Bajo estos antecedentes, cabe recalcar que la trucha arco iris tiene una baja actividad de glucosidasas (actividad amilasa < 10%). Los almidones son sintetizados hasta moléculas simples de fácil absorción y utilización como la glucosa, fructosa, entre otros. Sin embargo, la capacidad de la especie de producir insulina es baja, teniendo efectos adversos (hiperglisemia) por el exceso de glucosa en la sangre (Blanco, 1995).

3. Técnicas de manejo y características de dietas balanceadas.

Las dietas balanceadas para peces son elaborados por varios procesos industriales, donde se emplean materias primas de diferente origen, para suplir los requerimientos nutricionales. Ejemplo: proteínas obtenidas principalmente de la harina de pescado blanco, harina de sangre, torta de soya, harina de calamar; grasas de características insaturadas que se derivan de aceites de coco, glicerol, hígado de bacalao; carbohidratos son obtenidos de harina de torta de soya, maíz, trigo, entre otros.

Dependiendo de la disponibilidad de materia prima y el nivel de intensidad productivo, se pueden tener varios procesos para la fabricación de balanceados:

Mojado.- Humedad de 40 a 60%. Hecho con harina de pescado o desperdicios de la pescadería o hígado vacuno, macerado, mezclado con harina de soya y trigo más vitaminas y minerales.

Semi mojado.- Humedad de 15 a 30%. Es el tipo de alimento preferido para la cría de salmón. Alimento de textura suave y se obtienen los mejores rendimientos en aguas frías.

Seco Pelletizado.- Humedad de 10 a 12%. Es el método de fabricación más popular y económica para alimentos de trucha. Se puede producir alimentos de varios diámetros de 2.5 a 11 mm.

Seco Extruído.- Humedad de 10 a 12%. Tiene la ventaja de ser más estable en agua, puede contener más grasa y almidón más digerible. En el proceso de elaboración puede existir destrucción de vitaminas. Las indicaciones de uso de los alimentos para trucha, están en función del tamaño de los peces, intensidad del cultivo, porcentaje de alimentación y tipo de alimento acorde al tamaño del pez.

Los alimentos balanceados, por su alto contenido de moléculas oxidables (proteínas, aceites, minerales), no deben almacenarse más de 15 días. Se recomienda mantener en lugares frescos, secos y en donde la luz no incida directamente. Por lo general se utilizan plataformas para evitar el contacto con el suelo y paredes, así como evitar la presencia de animales extraños como roedores o mascotas.

Tabla N° 8. Características de dietas balanceados, utilizados en cultivo de trucha arco iris.

Etapa de desarrollo	Presentación	Peso del pez (g)	Diámetro	Frecuencia
Alevinaje	Pellets 1	0.1 a 0.2	<0.6 mm	8 veces/día
Alevinaje	Pellets 2	0,2 - 1.5	0.6 - 1 mm	8 veces/día
Alevinaje	Pellets 3	1,5 - 5,1	1.0 - 1.4 mm	8 veces/día
Juvenil	Pellets 4	5,2 -11,9	1.7 - 2.8 mm	4 - 5 veces/día
Juvenil	Pellets 2.4 mm	11.9 -22,7 22,7 -38,5	3/32 pulgada	4 - 5 veces/día
Juvenil	Pellets 3.2 mm	38,5 -66,7 66,7 -91	1/8 pulgada	4 - 5 veces/día
Engorde	Pellets 4 mm	91 -180	5/32 pulgada	2 - 4 veces/día
Engorde	Pellets 4 mm pigmentado	180 -250	5/32 pulgada	2 - 4 veces/día

El diámetro del alimento debe estar acorde al tamaño del pez, permitiendo una fácil ingesta. Si las dimensiones de los alimentos son muy pequeñas, causan pérdidas económicas por lixiviación de nutrientes en el agua. Por el contrario, si son grandes, los peces no comen o mueren por atragantamiento.

Para los cálculos de la ración alimenticia, es importante tomar en consideración la relación entre el peso del pez, tamaño del pellet y temperatura del agua. De acuerdo a Boyd (1995), en medios acuáticos los organismos pueden metabolizar hasta 4 kg de alimento balanceado x día⁻¹, con la disponibilidad de 1 kg O₂ (oxígeno como gas disuelto) x día⁻¹.

Para los cálculos de ración alimenticia es importante tomar en consideración las siguientes ecuaciones: Biomasa real = Peso real x # unidades ; Ración diaria = (% incremento de peso (tabla) x biomasa real) / 100 ; Ración stock = Ración diaria x # días almacenamiento (máximo 10 o 15 días); Peso esperado = ((B.I. + Rstock)/1.3) x 1000) / # animales, en donde 1.3 es el factor de conversión estimado.

Tabla N° 9. Norma de alimentación diaria (%), para trucha arco iris, dependiente del peso promedio y temperatura del agua.

Temperatura del agua	Peso (gramos)										
	0 - 0,18	0,18-1,5	1,5- 5,1	5,1-12,0	12,0-23	23,0-39	39,0-62	62,0-92	92,0-130	130,0-180	> 180
2	2,6	2,2	1,7	1,3	1	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
3	2,8	2,3	1,8	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4
4	3,1	2,5	2	1,6	1,2	1	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
5	3,3	2,7	2,2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
6	3,6	3	2,4	1,9	1,5	1,2	1	0,8	0,8	0,7	0,6
7	3,9	3,2	2,6	2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7
8	3,2	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7
9	3,5	3,8	3,1	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	1	0,9	0,8
10	4,9	4,2	3,3	2,6	2	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
11	5,3	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1	0,9
12	5,7	4,8	3,9	3	2,3	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1
13	6,2	5,2	4,2	3,2	2,4	2	1,7	1,5	1,3	1,1	1,1
14	6,7	5,6	4,5	3,5	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,2
15	7,2	6	4,9	3,8	2,8	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,3
16	7,7	6,4	5,2	4,1	3,1	2,5	2	1,8	1,6	1,4	1,3
17	8,3	6,8	5,6	4,4	3,3	2,7	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
18	8,8	7,3	6	4,8	3,5	2,8	2,2	2	1,8	1,6	1,5
19	9,3	7,9	6,4	5,1	3,8	3	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6
20	9,9	8,2	6,9	5,5	4	3,2	2,5	2,2	2	1,8	1,7

Fuente : Titarev, 1980

Tabla N 10. Programa de alimentación para una producción cien mil unidades de trucha arco iris. Temperatura del agua (13-15°C).

Días	Peso individual	A	A	A	A	C	E	E	Cantidad Total
	(gramos)	(Kg)				(Kg)			(Kg)
		1	2	3	4	1	2	3	
0-30	0.13-0.75	22	24						46
31-60	0.75-2.6		116	37					199
61-90	2.6-6.1			141	206				546
91-120	6.1-12				88	601			1235
121-150	12-24					336	869		2440
151-180	24-39						1881		4321
181-210	39-62							2824	7145
211-240	62-93							4015	11160
241-270	93-133							5409	16569
271-310	133-200							9600	26169
Total Kg.		22	140	178	294	937	2750	21848	26169
% Consumido		0.1	0.5	0.7	1.1	3.6	10.5	83.5	100

El alimento debe ser distribuido uniformemente en todo el estanque, además de esparcir en pequeñas cantidades por varias veces, observando el estado de los peces. Las cantidades (ración balanceada) son específicas para cada etapa y se proporcionan en frecuencias diarias, ya que el metabolismo de las biomazas en crecimiento varían y por ende la ración diaria rigurosamente tiene que ajustarse a la realidad.

Por otro lado, en esta actividad ocurren problemas por falta de un manejo adecuado en las dietas y control en los registros del proyecto.

Tabla N° 11. Problemas detectados en la manipulación de dietas balanceadas.

Características	Actividad
Físico:	Tamaño de la partícula: los diámetros no coinciden con la talla del individuo. Coloración y grado de humedad de las partículas.
Técnico:	Relación diámetro de la partícula y estado morfológico. Grado de exactitud y precisión en el seguimiento de los pesos individuales reales. Proyección y cálculos de raciones diarias.
Procedimiento:	Frecuencia alimenticia. Manejo de condiciones ambientales para un aprovechamiento de las dietas. Almacenaje y control de stock



Fig. N° 1. Ingredientes vegetales y fábrica de balanceados Biomix

4. Bibliografía

1. Adisseo e-Rhodimet Nutrition Guide. 2003. Versión 1.
2. Akiyama, D.M., & Dominy, W.G. (1991). Penaid shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. American Soybean Association and Oceanic Institute, Waimanalo, Hawaii, USA.
3. Alvarez M.J., Diez A., López-Bote C.J., Gallego M. and. Bautista J.M (2000) Short-term modulation of lipogenesis by macronutrients in rainbow trout hepatocytes. *British Journal of Nutrition* 84, 619-28.
4. Alvarez M.J., López-Bote C.J., Diez A., Corraze G., Arzel J., Dias J., Kaushik S.J. and. Bautista J.M. (1998) Dietary fish oil and digestible protein modify susceptibility to lipid peroxidation in the muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) *British Journal of Nutrition* 80, 281-289 .
5. Alvarez M.J., López-Bote C.J., Diez A., Corraze G., Arzel J., Dias J., Kaushik S.J. and. Bautista J.M (1999) The Partial Substitution of Digestible Protein by Gelatinized Starch as an Energy Source Reduces Susceptibility to Lipid Oxidation in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Muscle. *Journal of Animal Science* 77, 3322-3329.
6. Ballestrazi, R., Lanari, D., Dagaro E. and Mion, A., (1994). The effect of dietary protein level and source on growth, body composition,

- total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 127: 197-206.
7. Bastidas, F., Cartagena, J. (2003). Evaluación del crecimiento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en su etapa juvenil, mediante alimentos alternativos a 2880 m.s.n.m. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA.
 8. Bautista - Teruel, M.N., Eusebio, P. S., Welsh, T. P. 2003. Utilization of feed pea, *Pisum sativum*, meal as a protein source in practical diets for juvenile tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 225: 121-131.
 9. Bautista, J. 2004. Potencial metabólico para la utilización de aceites vegetales en la nutrición de peces. Sesión Nutrición. Ponencia de Apertura.
 10. Blanco, M. 1995. Cría Industrial de la Trucha Arco Iris. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 503.
 11. Buchanan, J., Sarac, H.Z., Poppi, D., Cowan, R.T., 1997. Effects of enzyme addition to canola meal in prawn diets. *Aquaculture* 151: 29-35.
 12. Cajo, J., De la Torre, A. (2000). Evaluación de cuatro balanceados para la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA.
 13. Carter, C.G., Hauler, R.C., 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture* 185: 299-311.
 14. Davis, D. A., Arnold, C. R., and McCallum, I. 2002. Nutritional value of feed peas (*Pisum sativum*) in practical diet formulations for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 8: 87-94.
 15. El-Saidy, D.M.S., and Gaber, M.M. A. (1997). Total replacement of fish meal by soybean meal, with various percentages of supplemental L - methionine, in diets for Nile Tilapia. *Oreochromis niloticus* fry. *Annals of Agriculture Science, Moshtohor* 35: 1223-1238.
 16. El-Saidy, Deyab M.S. D., and Gaber, Magdy M. A. 2003. Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Research*, 34: 1119-1127.
 17. Evalis, Vannes Cedex, France

18. Fowler, L.G., (1990). Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture* 89: 301-314.
19. Gomes, E.F., Rema, P., Kaushik, S.J., Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture* 130: 177-186.
20. Gouviea, A., & Davies, S.J. (1998). Preliminary nutritional evaluation of pea seed meal (*Pisum sativum*) for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 166: 311-320.
21. Gouviea, A., & Davies, S.J. (2000). Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 182: 183-193.
22. Hardy, R. W., 1999. Alternate Protein Sources. *Feed Management*, 50: 25-28.
23. Hardy, R. W., Tacon, A.G.J. (2002). *Fishmeal: Historical Uses, Production Trends and Future Outlook for Sustainable Supplies*. CAB International. *Responsible Marine Aquaculture*.
24. Hossain, M. A., Focken, U., & Becker, K. (2001). Evaluation of an unconventional legume seed, *Sesbania aculeata*, as a dietary protein source for common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture* 198: 129-140.
25. Jacobsen, S.E., 2002. *Quinoa: research and development at the international potato center (CIP)*. CIP-DANIDA.
26. Jenkins, G. I., Waters, S. P., Hoxey, M. J., Petterson, D.S., 1994. Lupin seed (*Lupinus angustifolius*) as an alternative to soybean meal in diet of juvenile snapper (*Pagrus auratus*). In: Dracup, M., Palta, J.) (Eds), *Proceedings of the first Australian Lupin Technical Symposium, 17-21 October 1994, Perth, Western Australia*. Department of Agriculture, WA, pp. 74-78.
27. Jobling, M.; Grete, L. & C. Solberg. 1994. Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L., smolt production strategy affects body composition and early seawater growth. *Aquaculture* . 237pp 191-205
28. Kabuage, L.W., Mbugua, P.N., Ngatia, T.A. 2000. Effect of steam pelleting and inclusion of molasses in amaranth diets on broiler chicken performance, carcass composition and histopathology of some internal organs. <http://www.faorg/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/550 EN. HTM>

29. Lim, C., and Dominy, W.G. (1990). Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87: 53-63.
30. Lim, C., Klesius, P.H., Dominy, W., 1998. Soya bean products. *International Aquafeeds* 3: 17-23.
31. Mbahinzireki, G.B., Dabrowski, K., Lee, K.-J., El-Saidy, D., & Wisner, E. R. 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. *Aquaculture Nutrition* 7: 189-200.
32. Molina, C. & Y., Paredes. 1997. Manual de Técnicas de Nutrición Acuícola. Proyecto JICA- CENAIM. Pp 1- 141
33. Molina, C. 2003. Nutrición Acuícola. Clases de Maestria 2002 - 04.
34. Morales, A.E., Cardenete, G., De la Higuera, M., & Sanz, A. (1994). Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilization in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture* 124: 117-126.
35. Moyano, F. J., Cardenete, G. and De la Higuera, M. (1992). Nutritive values of diets containing high percentage of vegetable protein for trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquatic Living Resources* 5: 23-29.
36. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* vol. 405.
37. Olvera-Novoa y Olivera-Castillo. Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998 La Paz, B.C.S., México. Parte 2.
38. Olvera-Novoa, M.A., Pereira-Pacheco, F., Olivera-Castillo, L. 1997. Cowpea (*Vigna unguiculata*) protein concentrate as replacement for fish meal in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture* 158: 107-116.
39. Omega Protein Corporation Inc., Houston, TX, USA
40. Orr, J., 1994. Implications of CAP and GATT reforms on lupin marketing In: Nelson, P. (Ed.), *Lupin Update Meetings for Advisers and Consultants Consolidation*, Jerramungup, 8th and 9th February 1994. Department of Agriculture, Western Australia. pp.142-151.

41. Ortiz, J.; Acosta, A.. & J.Giacometti. 2006. Optimización de Protocolos sanguíneos e histológicos para Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la Hacienda el Prado – Ecuador. Revista Ciencia. En impresión.
42. Ortiz, J.; Falconí, R. & M. Luna. 2005. Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Revista Ciencia. V8, 2:63,70.
43. Pereira, T. G., and Oliva-Teles, A. 2003. Evaluation of corn gluten meal as a protein source in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) juveniles. *Aquaculture Research*, 34: 1111-1117.
44. Pongmaneerat, J. and Watanabe, T. (1992). Utilization of soybean meal as a protein source in diets for rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 1249-1257.
45. Poumogne, V., Takam, G., and Pouemegne, J.B.1997. A preliminary evaluation of cacao husks in practical diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 156: 211-219.
46. Ramos Diaz, R., Miranda, I., y Molina Segovia, C., 2001. Consumo y digestibilidad aparente de tres ingredientes marinos locales incorporados en dietas prácticas para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Estud. Oceanol.* 20: 43-50.
47. Repo-Carrasco, R., España, C. And Jacobsen, S-E.2001. Valor nutritivo y usos de la Quinua y de la Kañiwa. In: Memorias Primer Taller Internacional en Quinua: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. Jacobsen, S-E, Mujica, A., and Portillo, Z. (Eds.), Proyecto Quinua CIP-DANIDA.
48. Risi, C.2001. Producción de Quinua en el Altiplano Sur de Bolivia. In: Memorias Primer Taller Internacional en Quinua: Recursos Genéticos y Sistemas de Producción. Jacobsen, S-E, Mujica, A., and Portillo, Z. (Eds.), Proyecto Quinua CIP-DANIDA.
49. Rodríguez, C. (2004). Respuesta de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) a balanceados en base de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) combinados con aminoácidos de síntesis, en Tandayapa 2003 . Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA

50. Sargent, J & G. Bell. 2003. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture*. 218. pp 491 -499.
51. Satoh, 1998. Effect of extrusion processing on the nutritive value of canola meal for Chinook salmon (*Onchorhynchus tshawytscha*) in seawater. *Aquaculture Nutrition* 4: 115-122.
52. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., and Evans, L.H. 1999. Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. *Aquaculture Nutrition*, 5: 277-285.
53. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono, and Evans, L.H. 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture* 171: 121-133.
54. Tacon, A.G.J.(1993) Feed ingredients for crustaceans natural foods and processed Feedstuffs. *FAO Fish. Circ.*, N0 866.
55. Titarev, E. 1980. *Truticultura*. Industria de alimentos, Moscú, 1980. pp161.
56. Thiessen, D.L., Campbell, G.L., Tyler, R.T. 2003. Utilization of thin distillers solubles as a palatability enhancer in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets containing canola meal or air-classified pea protein. *Aquaculture Nutrition* 9: 1-10
57. Zeigler Brothers, Gardners, PA, USA

“Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)”.

Juan Ortiz¹, Rómulo Falconí¹, Marco Luna¹, Fabio Sala², Luís Cumbal³

Introducción

La industria piscícola en los últimos años se ha expandido por todo el mundo, permitiendo una demanda creciente de harina de pescado como fuente proteica de alta calidad para alimentación en peces. Por sus características nutricionales, proporcionado por el contenido de proteína de fácil digestión, este insumo es importante en la alimentación de salmones (Kabuge, 2000).

La trucha arco iris es un pez carnívoro y su exigencia en proteína animal de excelente calidad y fácil digestión es alta. Por sus características fisiológicas, este pez tiene poca capacidad de metabolizar carbohidratos (glucosa) dado que el páncreas origina poca cantidad de insulina y la actividad amilasa es mínima. La sobrecarga de carbohidratos en la dieta produce elevada cantidad de glucosa en la sangre, provocando grandes mortalidades en las poblaciones de trucha (Blanco, 1995).

Estudios realizados con fuentes proteicas alternativas (proteína vegetal), se evaluaron en términos de crecimiento, pero para obtener resultados aceptables a nivel industrial, se necesita que una dieta no solo supla los requerimientos cualitativos y cuantitativos de nutrientes, también debe ser ingerida, digerida y absorbida en cantidades adecuadas (Cuenca & García, 1987; De La Higuera, 1987; Akiyama et al., 1991; Mbahinzireki et al., 2001).

Proyectos de investigación realizados en el área de Nutrición - Acuícola en la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA, brindaron resultados alentadores en la sustitución de harina de pescado como materia prima esencial, demostrando que es factible encontrar ingredientes autóctonos y de alto valor, útiles para la crianza de trucha arco iris (Cajo & De La Torre, 2000; Bastidas & Cartagena, 2003; Rodríguez, 2004).

La oferta de harina de pescado en la actualidad es de 6.5 millones de TM, la cual no crecerá ó lo hará muy poco en los próximos años. Los problemas de contaminación ambiental, fenómenos naturales y sobreexplotación pesquera para suplir la demanda existente, muestra que este recurso marino es finito y de gran valor. Actualmente los requerimientos en la acuicultura son del 35%, calculándose que en diez años más superará el 50% de esta oferta (Hardy, 1999; FAO, 2000).

Basados en estas predicciones poco alentadoras y por la exigencia de proteína animal para la especie de cultivo, es imperioso buscar fuentes de proteína alternativa con un buen valor nutritivo que permita reemplazar parcial o totalmente la harina de pescado.

El objetivo de esta investigación es evaluar y validar estudios realizados en la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA (Rodríguez, 2004) con alimentos alternativos, utilizando la quinua (*Chenopodium quinua*) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) como fuentes de proteína que pueden ser incluidas en la dieta para la crianza de trucha arco iris.

La presente investigación se está desarrollando en las instalaciones piscícolas de la Hacienda el Prado, bajo la coordinación y auspicio del CEINCI - ESPE en la partida presupuestaria N° 1812.100.530605.000.1.04.53.

Materiales y Métodos.

2.1 Dietas.

Seis dietas isoproteicas e isocalóricas fueron desarrolladas conteniendo diferentes niveles de inclusión de quinua (*Chenopodium quinoa*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) (Tabla 1, 2). Las dietas se formularon conociendo los requerimientos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) para las etapas de crecimiento y engorde (Blanco, 1995; NCR, 1993). Se utilizó el programa Nutrion 5®, y la asesoría del nutricionista Dr. Fabio Sala PhD.

Para identificación de aminoácidos esenciales en ingredientes de amaranto y quinua, se hicieron los análisis en Degusa AG, Alemania (2005), bajo el auspicio de Profasa (Tabla 3). Las dietas se peletizaron en la fábrica de balanceados BIOMIX.

Tabla 1. Formulación de dietas experimentales en base de quinua y amaranto

Niveles de inclusión	Amaranto			Quinua		
	30%	25%	20%	30%	25%	20%
Ingredientes	30%	25%	20%	30%	25%	20%
Pescado 65 %	36.35	39.43	42.82	36.35	39.43	42.82
Amaranto ¹	30	25	20	0	0	0
Quinua ²	0	0	0	30	25	20
Aceite de pescado	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97
Vit-inic-Roche	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Minerales traza	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Metionina 99 % ¹	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Lisina HCl	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Binder	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Antioxidante	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Antimicótico	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Maíz amarillo ecuador	0	4.98	10.46	0	4.98	10.46
Soya 47%	24.9	21.91	17.93	24.9	21.91	17.93

1 Variedad INIAP ALEGRIA. INIAP. Ing. E. Peralta.

2 Variedad TUNKAHUAN. INIAP. Ing. E. Peralta.

Tabla 2 Análisis Calculado de las dietas experimentales de Amaranto y Quinoa

Dietas	Requerimiento nutricional	Amaranto ¹			Quinoa ¹		
		30%	25%	20%	30%	25%	20%
E. D. Salmon (MC/KG)		3.68	3.69	3.69	3.68	3.69	3.69
Proteína t (%)	40	38.98	39.35	39.63	38.98	39.35	39.63
Fibra (%)		2.85	3.64	2.41	2.85	3.64	2.41
Grasa (%)	7	12.86	12.94	13.07	12.86	12.94	13.07
Arginina (%)	1.89	2.581	2.56	2.523	2.581	2.56	2.523
Lisina total (%)	1.83	3.02	3.06	3.1	3.02	3.06	3.1
Metionina(%)	1.31	1.305	1.33	1.36	1.305	1.33	1.36
Met+cis (%)	1.73	1.762	1.785	1.808	1.762	1.785	1.808
Triptofano (%)	0.18	0.464	0.46	0.453	0.464	0.46	0.453
Treonina(%)	0.97	1.579	1.6	1.616	1.579	1.6	1.616
Histidina (%)	0.7	0.977	0.985	0.991	0.977	0.985	0.991
Isoleucina (%)	0.87	1.804	1.82	1.833	1.804	1.82	1.833
Sodio (%)		0.264	0.285	0.308	0.264	0.285	0.308

1 Nutrion 5®

Tabla 3. Análisis de aminoácidos de Amaranto y Quinoa

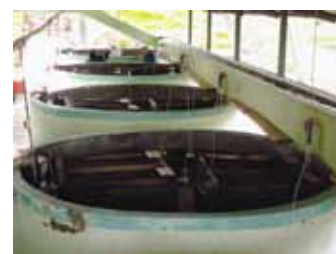
Aminoácidos	Quinoa ¹	Amaranto ¹
	AA (%) en CP	AA (%) en CP
Materia seca (%)	87.97	87.87
Proteína cruda (%)	13.60	12.21
Methionine	2.08	2.32
Cystine	1.64	2.16
Methionine + Cystine	3.72	4.48
Lisien	5.57	5.64
Threonine	3.59	3.44
Trypophan	1.22	1.46
Arginine	8.07	8.72
Isoleucine	3.35	3.32
Leucine	6.07	5.46
Valine	4.19	3.75
Histidina	2.73	2.48
Phenylalanine	3.80	3.88
Glycine	5.35	7.52
Serine	4.13	5.85
Proline	2.88	3.08
Alanine	4.33	3.66
Aspartic acid	7.96	7.99
Glutamic acid	13.00	15.80
Total (sin NH ₃)	79.96	86.53
Amonio	1.40	1.55

1 Degusa, (2005)

AA = Aminoácidos; CP= proteína cruda

2.2 Características del cultivo.

El experimento se desarrolló en la piscifactoría de Pailones, perteneciente al IASA - ESPE ubicado a 2940 m.s.n.m.(Cantón Rumiñahui, Ecuador). El sistema de cultivo está constituido por 6 estanques circulares con una capacidad total de 33.4 m³. En los estanque



se distribuyeron 4 jaulas flotantes de 1 m³ c/u. Cada estanque tiene un caudal de 11.04 m³/h permitiendo una renovación del 200 %/h. Todos los estanques se mantienen con oxígeno disuelto a saturación (80%); pH de 7.3 ± 0.17; salinidad (0 ‰) y temperatura constante de 11.21 ± 1.25 ° C.

2.3 Alimentación y crecimiento.

En cada unidad experimental se ubicaron 25 unidades observacionales. En total se sembraron 525 peces de pesos promedios 110.80 ± 8.71 (g), divididos en 21 grupos distribuidos aleatoriamente. Los peces fueron adquiridos en la Piscícola TRUUNION, especie trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), hembras 95% de origen español.

Del 25 de julio al 15 de agosto del 2005, las truchas fueron alimentadas a voluntad, 5 veces al día (8h00, 10h00, 12h00, 14h00 y 16h00). El alimento se reguló a partir de los primeros 15 días en función de su peso corporal y temperatura promedio, a más de considerar la tasa de crecimiento específico. Se maneja un promedio base día (gramos de alimento) para todos los tratamientos. Antes de la primera alimentación las piscinas fueron limpiadas y cada quince días las truchas fueron pesadas y medidas.

Las variables de campo como la Tasa de Crecimiento Específico (TCE), Factor de conversión alimenticia (FCA) y mortalidad se determinaron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- ▶ TCE (%/día) = $[\ln W_{xf} - \ln W_{xi}] / t \text{ (días)} \times 100$; en donde W_{xf} = peso final (g) W_{xi} = peso inicial (g); t = días de crianza
- ▶ FCA = Total de alimento ingerido / Biomasa ganada + [($W_{xf} + W_{xi}$)/2] x animales muertos].

Las pruebas de estabilidad de dietas en el agua se determinaron mediante la colocación de 2 gramos de pellets en botellas de vidrio (área de fondo: 28.27 cm²) con 100 mL de agua dulce. Las botellas en triplicado se las colocaron en un agitador a 70 r.p.m. a una temperatura de 13 ± 0.3° C. Después de dos horas de inmersión, se colectó el pellet en papel filtro. Estas fueron secadas a 60 ° C por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se registró el peso.

► $RMS (\%) = 100 - (PDai - PDds / PDai) \times 100$; en donde PDds es el peso seco de la dieta antes de la inmersión. PDai el peso del alimento después de la inmersión y el secado.

Las Tasas de ingestión, digestibilidad de dietas y análisis bioquímicos del músculo de los diferentes tratamientos están por realizarse en los meses de noviembre - enero del 2005 de acuerdo al cronograma de actividades presentado en el perfil de proyecto.

2.4 Análisis Estadístico

Los datos preliminares de julio, agosto y septiembre del 2005 fueron previamente sometidos a las pruebas de Anderson-Darling y Bartlett para verificar normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos obtenidos fueron analizados en el programa estadístico datadesk 6.0® y analizados mediante regresión para establecer el nivel máximo de reemplazo de la harina de pescado sin que el crecimiento se vea afectado.

Resultados

3.1 Características del cultivo

Durante el período 25 de Julio al 28 de septiembre del 2005, los datos ambientales se mantuvieron en los siguientes rangos. Temperatura con un promedio 11.21 ± 1.25 ° C (fig.1); pH constante de 7.3 ± 0.17 y la tasa de oxígeno a saturación (80%).

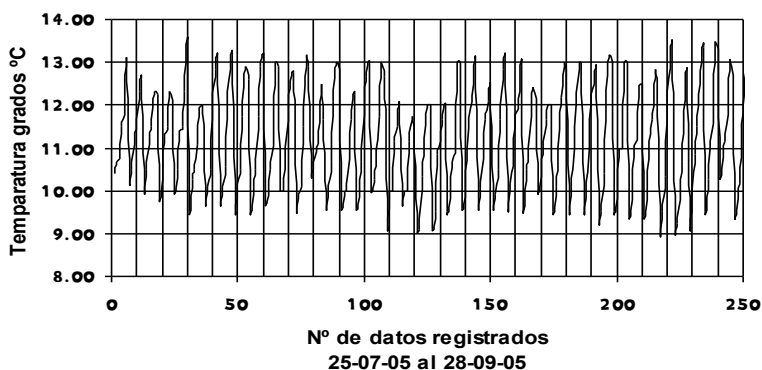


Fig. 1 Comportamiento de la temperatura del agua en la Piscifactoría “Pailones”. ESPE - IASA

Durante los 58 días de cultivo, se pudo establecer que el crecimiento en todos los tratamientos fue positivo. Se empezaron con pesos mínimos de 110.58 g (Q30%) y llegaron a peso máximos de 319.64 g (Control). Los tratamientos Amaranto 20% y Control (Balanceado comercial) tienen los mejores rendimientos (biomasa ganada) con 4.48 Kg. y 5.21 Kg., respectivamente. Tratamientos con bajo rendimiento (biomasa ganada) son Quinoa 30% y Quinoa 25% con 2.51 Kg. y 2.45 Kg. respectivamente.

El factor de conversión alimenticia tienen un techo máximo de 1.77 (Quinoa 30%) y un mínimo en Control (Alimento comercial) con 0.98. Existen diferencias entre los tratamientos amaranto vs. quinoa y control vs. quinoa ($p < 0.05$). Sin embargo entre los tratamientos A20% y Control, no hay diferencias estadísticas ($p > 0.05$) (Fig 1)

Tabla 4. Rendimiento en crecimiento y utilización de nutrientes en trucha arco iris. Dietas con diferentes porcentajes de inclusión de amaranto.

Tratamientos	A 30%	A25%	A20%	Control
Pesos iniciales (g)	112.49±8.47	110.82±7.00	111.89±8.85	111.16±9.64
Pesos finales (g)	253.71±47.54	257.13±43.27	291.42±46.63	319.64±27.23
Longitud inicial (cm.)	20.60 ± 0.92	19.87 ± 0.66	19.80 ± 0.46	20.07 ± 0.51
Longitud final (cm.)	25.80 ± 1.65	26.40 ± 1.22	26.80 ± 1.38	27.33 ± 0.88
Días de crianza (días)	58	58	58	58
Alimento Consumido (g)	4733 ± 51.54	4727 ±103.70	4835 ± 68.45	5103 ±94.96
TCE (%/día)	1.40 ± 0.12	1.45 ±0.07	1.65 ± 0.05	1.82 ± 0.14
FCA	1.34 ± 0.15	1.29 ± 0.08	1.08 ± 0.05	0.98 ± 0.12
Supervivencia (%)	100	100	100	100

Tabla 5. Rendimiento en crecimiento y utilización de nutrientes en trucha arco iris.
Dietas con diferentes porcentajes de inclusión de quinua.

Tratamientos	Q30%	Q25%	Q20%	Control
Pesos iniciales (g)	110.58±9.84	111.56±9.91	110.80±8.71	111.16±9.64
Pesos finales (g)	211.04±50.28	211.28±43.45	214.78±45.19	319.64±27.23
Longitud inicial (cm.)	19.93 ± 0.51	20.13 ± 0.94	19.87 ± 0.94	20.07 ± 0.51
Longitud final (cm.)	24.87 ± 0.79	24.87 ± 1.07	24.53 ± 1.48	27.33 ± 0.88
Días de crianza (días)	58	58	58	58
Alimento Consumido (g)	4444 ± 78.01	3990 ±137.50	4155 ±201.76	5103 ±94.96
TCE (%/día)	1.11 ± 0.01	1.10 ± 0.07	1.14 ± 0.08	1.82 ± 0.14
FCA	1.77 ± 0.04	1.60 ± 0.09	1.60 ± 0.18	0.98 ± 0.12
Supervivencia (%)	100	100	100	100

La TCE permite establecer el crecimiento diario en % / día , acorde al peso promedio unitario, temperatura del agua y tasa de saturación de oxígeno. No hay diferencias estadísticas ($p>0.05$) entre los tratamientos A 20% Y Control. Existen diferencias entre los tratamientos amaranto vs quinua y control vs quinoa ($p<0.05$).

La longitud inicial en la etapa experimental fue de 19.80 ± 0.46 (cm.) en amaranto 20%, llegando a una longitud final de 26.80 ± 1.38 (cm.), teniendo una ganancia diaria de 1.2 mm. El tratamiento control tiene un talla de inicio de 20.07 ± 0.51 (cm.) y una talla final de 27.33 ± 0.88 (cm.), la ganancia de longitud diaria fue de 1.25 mm. No hay diferencias estadísticas entre los tratamientos de Amaranto y control ($p>0.05$).

El porcentaje de retención de materia seca (RMS) fue medido y se establecieron valores acordes a la tabla N° 5

Tabla 5 .RMS (%) en las dietas de quinua y amaranto para trucha.

Tratamientos	RMS (%)
Q 20	80 ^a
Q 25	80,58 ^a
Q 30	79,38 ^a
A 20	79,18 ^a
A 25	80,8 ^a
A 30	80,35 ^a

No hay diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Discusión

La harina de pescado es la fuente proteínica animal comúnmente usada en dietas alimenticias y principal ingrediente de alimentos manufacturados comercialmente, debido a su alta palatabilidad y buen balance nutritivo (Sudaryono et al., 1999). Los niveles de inclusión de harina de pescado en dietas comerciales varía de 10 al 50% (Akiyama & Dominy 1991; Tacon 1993). La dependencia en el uso de harina de pescado como componente proteínico principal en dietas formuladas es un factor que incide de manera significativa en los costos de operación del cultivo de camarón y salmón.

La búsqueda de fuentes alternativas en la alimentación para la Industria Acuícola es una necesidad a corto plazo. La acuicultura semi intensiva e intensiva de peces y crustáceos marinos, es una industria exigente en materia prima de alta calidad tanto de origen vegetal como animal, que recicla muy poco para otros sistemas de producción y en consecuencia la dificultad en ser sostenible (Martínez et al., 2000).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) se ha preocupado en la búsqueda de fuentes autóctonas, ricas en calidad de proteína y de alto rendimiento en cultivos agrícolas. El Amaranto variedad INIAP ALEGRIA y Quinua Variedad TUNKAHUAN, son semillas vegetales con rendimientos promedios de 3 TM /Ha a un costo de \$ 0.3 -0.5 el kilogramo, con un porcentaje de proteína del 12 al 19% y baja concentración de factores antinutricionales (ANFs) (Cárdenas, 2004; Degusa, 2005; Peralta, 2005. Comunicación Personal).

Estos productos fueron probados en la alimentación de especies acuícolas, trucha y camarón en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y el CENAIM, respectivamente (Rodríguez, 2004; Cárdenas, 2004). Los resultados en la mezcla de estos ingredientes (amaranto y quinua) con aminoácidos sintéticos en trucha arco iris (Rodríguez, 2004) mostraron que dietas al 40 % de inclusión vegetal pueden ser consumidas por la especie en estudio. Probablemente la concepción de mezcla de amaranto y quinua con aminoácidos sintéticos afectó el factor de conversión alimenticia y tiempo de crianza a tallas comerciales.

Resultados preliminares en la ESPE muestran que dietas preparadas en base de quinua al 20, 25 y 30% de inclusión tienen un crecimiento diferente a dietas preparadas a base de amaranto y harina de pescado. La presencia de ANFs específicamente saponinas en mínima cantidad provoca la baja ingesta en los tratamientos probados a base de quinua. Concentraciones > a 1.5% de saponinas, afectan directamente al crecimiento de trucha arco iris, como las harinas de lupino y otras variedades (De la Higuera et al., 1998).

Existe poca información en la preparación de dietas con amaranto para la alimentación en peces. En nuestra investigación encontramos que la TCE (1.65% /día) y FCA (1.08) de dietas con amaranto al 20% de inclusión son competitivos con dietas tradicionales elaboradas en base de harina de pescado. Estos resultados son similares en la investigación de Rodríguez, (2004) y Cheng et al.,(2002) donde el FCA se aproximan a 1.07. Cabe recalcar que aminoácidos disponibles como la metionina, cistina, lisina y otros en amaranto tienen una concentración superior en relación a la quinua (Degusa, 2005). Estudios confirman que la trucha utiliza efectivamente aminoácidos libres para la formación de nuevo tejido (Cheng et al., in press; Cheng et al., 2002).

Por otra parte es indudable que la mayor atención se ha focalizado en estudios sobre harina de soya, como sustituto de proteína de origen animal (Akiyama, 1991; Cajo & De la Torre, 2000; Martínez et al., 2000) por su calidad nutricional y constante disponibilidad (Mbahinzireki, 2001). Sin embargo según Martínez et al., (2000) "tiene la enorme desventaja de que su uso compite con el consumo humano y animales terrestres, lo que ha elevado los costos y en algunos países es tan cara o inaccesible como la harina de pescado".

De esta manera en los resultados preliminares, podemos indicar que el amaranto con un 20 % de inclusión en dietas para trucha arco iris, puede brindar buenos resultados a los truticultores, además de ser un grupo meta para los productores agrícolas de amaranto.

La finalización del proyecto y publicación resultados con las pruebas de laboratorio se lo realizará a mediados de abril del 2006.

Bibliografía

1. Akiyama, D.M., & Dominy, W.G. (1991). Penaid shrimp Nutrition for the Commercial Feed Industry. American Soybean Association and Oceanic Institute, Waimanalo, Hawaii, USA.
2. Bastidas, F., Cartagena, J. (2003). Evaluación del crecimiento de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en su etapa juvenil, mediante alimentos alternativos a 2880 m.s.n.m. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA.
3. Blanco, M. 1995. Cría Industrial de la Trucha Arco Iris. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 503.
4. Cajo, J., De la Torre, A. (2000). Evaluación de cuatro balanceados para la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA.
5. Cárdenas, R. M. 2004. Evaluación de Amaranto y Quinoa como Fuentes reemplazantes a la harina de pescado en dietas para juveniles *Litopenaeus vannamei*. Tesis de Maestría. ESPOL. pp 65
6. Cheng, Z., Hardy, R. & J. Usryb. 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia. nitrogen and soluble phosphorus excretion. *Aquaculture* 218: 553-565
7. De la Higuera, M., García-Gallego, M., Sanz, A., Cardenette, G., Suarez, M., & F. Moyano. 1988. Evaluation of lupin seed meal as an alternative protein source in feeding of rainbow trout. *Aquaculture* 71:37-50
8. FAO, 2002. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries Department, Rome. 159 pp.

9. Hardy, R. W., (1999) Collaborative opportunities between fish nutrition and other disciplines in aquaculture: an overview. *Aquaculture* 177: 217-230.
10. Kabuage, L.W., Mbugua, P.N., Ngatia, T.A. 2000. Effect of steam pelleting and inclusion of molasses in amaranth diets on broiler chicken performance, carcass composition and histopathology of some internal organs. <http://www.faorg/DOCREP/ARTICLE/AGRIPPA/550> EN. HTM
11. Martínez, C.A., Chávez, M.C., Olvera, M.A., & Abdo, M. I. 2000. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances de Nutrición Acuícola* III.pp 279 - 300
12. Mbahinzireki, G.B., Dabrowski, K., Lee, K.-J., El-Saidy, D., & Wisner, E. R. 2001. Growth, feed utilization and body composition of tilapia (*Oreochromis* sp.) fed with cottonseed meal-based diets in a recirculating system. *Aquaculture Nutrition* 7: 189-200.
13. Rodríguez, C. (2004). Respuesta de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) a balanceados en base de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) combinados con aminoácidos de síntesis, en Tandayapa 2003 . Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias - IASA
14. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., and Evans, L.H. 1999. Evaluation of potential of lupin meal as an alternative to fish meal in juvenile *Penaeus monodon* diets. *Aquaculture Nutrition*, 5: 277-285.
15. Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono, and Evans, L.H. 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. *Aquaculture* 171: 121-133.

“Utilización de vísceras de trucha para extracción de aceite de pescado y su aplicación en la industria pecuaria”

Juan Ortiz ,María Sol Oña, Julio Guerra.

Introducción

Los requerimientos de aceite de pescado como fuente de lípidos, es mayoritaria en dietas para la acuicultura y se incrementan proporcionalmente al desarrollo de ésta actividad. Las proyecciones al 2015 estiman un consumo de 1,9 millones de TM en el mundo, mientras que en la actualidad se llega a producir 1,2 millones de TM de aceite de pescado, las cuales dependen directamente de las condiciones ambientales como el fenómeno del niño, disponibilidad de recursos marinos, contaminación, entre otros (Días et al., 1998; Días et al., 1999 ; Alvarez et al.,1998; Alvarez et al.,1999 ; López et al 2001; Bautista, 2004).

La piscicultura en Ecuador juega un rol importante en la seguridad alimentaria de la región Sierra y Oriente. En la última década el sector creció el 5 %. Se estima que para el 2007, el crecimiento será del 7% (CENIAC, 2007), lo que implica un aumento en 247 TM de las 1200 TM registradas en el 2006. Sin embargo el potencial de nuestra producción está subestimado ya que los volúmenes y calidad de agua son considerables para mejorar los rendimientos actuales, como ejemplo en el río Pita no se aprovecha la disponibilidad de 1,7 m³ x s⁻¹ en promedio anual. Por otra parte, el rendimiento a la canal para la trucha es del 86%, representando para una producción de 1447 TM, un excedente de 202 TM. de vísceras de trucha arco iris (Ortiz et al., 2005). De esta manera, la búsqueda de alternativas alimenticias se hace primordial para minimizar los impactos ambientales y revalorizar subproductos o residuos contaminantes, generando nuevos recursos de alto valor para la empresa y la población.

Los ácidos grasos esenciales del grupo linoléico y linolénico no pueden ser sintetizados por el organismo, y por tanto deben ingresar a través de las dietas alimenticias. Las posiciones de los dobles enlaces brindan

propiedades fisiológicas derivadas de su metabolismo, permitiendo que la relación entre los dos grupos sea importante. Del grupo linolénico se obtiene ácido eicosapentaenóico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), mientras que del grupo linoléico se metaboliza el ácido araquidónico. Además de ser una fuente de energía, los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) se incorporan a las membranas de las células, donde son precursores de los eicosanoides (prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos y leucotrienos), los que intervienen en procesos como la coagulación de la sangre, respuesta inflamatoria e inmunológica. Los efectos del consumo de los (AGPI) tiene consecuencia directa en la salud humana, especial énfasis en la salud cardiovascular (Carrera et al., 2005).

Los AGPI n-3 se obtienen principalmente de fuentes vegetales como: linaza (57% de los ácidos grasos totales), semilla de colza, soya, germen de trigo, nueces, verduras (espinaca, lechuga); fuente animal como: carne de rumiantes, productos lácteos, entre otros. Sin embargo, las técnicas agrícolas modernas han originado un descenso en el contenido de ácidos grasos n-3 de la carne (especialmente cordero y ternera) debido al uso, casi generalizado de concentrados de cereales ricos en ácidos grasos n-6 para alimentación de ganado. En cuanto al EPA y DHA, las fuentes más ricas son los aceites de pescado y pescado azul. El alto contenido de DHA y EPA en el pescado es consecuencia del consumo de fitoplancton (rico en AGPI n-3). El contenido de AGPI n-3 varía en función de la especie piscícola, localización, estación del año y disponibilidad de fitoplancton. Los contenidos de AGPI n-3 en trucha arco iris son de 0.5 a 1.6 g/100 g de carne (Carrera et al., 2005).

La concentración de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente de la familia linolénica en dietas alimenticias tienen un efecto preponderante en la tasa de crecimiento específico (TCE) en trucha arco iris (Blanco, 1995). Resultados obtenidos en la Hda. El Prado (ESPE), con dietas en base de amaranto al 20% de inclusión no tienen diferencias estadísticas con el control (Balanceado, harina de pescado al 42%) (Ortiz et al., 2005). El 59% de los ácidos grasos presentes en el amaranto son insaturados, de los cuales el 40% corresponden al ácido linoléico (Escudero, 1999).

Obtener ácidos grasos (AGPI) a partir de productos de desecho como las vísceras de pescado, permitirá mejorar el incremento de la rentabilidad

en la crianza de peces. De esta manera, el impacto proyectado de nuestra investigación será brindar una mayor información sobre el manejo de subproductos piscícolas (vísceras de trucha arco iris) obteniendo aceite de pescado de alta calidad para dietas alimenticias en la producción animal (peces, aves, entre otros), además de mejorar las condiciones medioambientales de las cuencas hidrográficas, evitando el ingreso de materia orgánica contaminante.

Materiales y métodos

a) Obtención de vísceras de trucha

Las vísceras de trucha arco iris fueron obtenidas de las piscinas de producción de Pailones (2,5 TM/año), y la piscícola Gammaruscorp S.A. (1.0 TM/semana), en la zona de Juan Montalvo (Cayambe). Previo a la utilización de este residuo, se lavó y se apartó órganos con mayor concentración de grasa como los ciegos pilóricos e hígado. La recolección se lo realizó periódicamente durante los 54 días de duración del experimento.

b) Técnicas de extracción

Se utilizaron protocolos de extracción descritos por Molina y Paredes (1997) mediante el uso de éter etílico. Se obtuvo una primera aproximación de los contenidos de aceite en vísceras de trucha. La técnica es aconsejable para muestras de laboratorio, más no para extracción industrial. De esta manera, acogiendo los procedimientos de Sala (2007) se procedió a la recolección de aceite de pescado, que consistió en el congelamiento de los subproductos (ciegos pilóricos e hígado) por veinte y cuatro horas, y posteriormente un calentamiento a Baño María (80 °C) durante una hora. Posteriormente en una centrifuga a 1500 rpm por cinco minutos se realizó una segunda extracción. Es menester tomar en consideración la calidad de aceite por su coloración y evitar procesos de degradación, utilizando etoxiquina como antioxidante en concentraciones de 0.5 ppm. El aceite de vísceras de trucha se mantuvo en envases oscuros, a temperatura ambiente.

Fig 6. Vísceras de trucha y técnicas de extracción



c) Dietas

Se probaron cinco dietas isoproteicas con diferentes niveles de inclusión de aceite de vísceras de trucha arco iris (Tabla 1, 2). Las dietas fueron formuladas conociendo los requerimientos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) para las etapas de crecimiento y engorde (Blanco, 1995; NCR, 1993). Se utilizó el programa Nutrion 5®.

Tabla 1. Formulación de dietas experimentales en base de aceite de vísceras de trucha. Porcentaje de inclusión de aceite de vísceras de trucha (%).

Ingredientes utilizados	Control +	Control -	2%	4%	6%
Pescado 60 %	59.69	59.69	59.69	59.69	59.69
Maíz amarillo ecuador	25.01	25.01	25.01	25.01	25.01
Soya 48 %	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Aceite de pescado	4.87	-	2.87	4.87	6.87
Metionina 99 %	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Antioxidante	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

El control positivo estuvo representado por la formulación de balanceado comercial, preparado en base de aceite de atún de alta calidad. El control negativo no tenía aceite de ninguna clase. En los tratamientos se incluyó aceite de vísceras de trucha en varios porcentajes del 2 al 6 %.

Tabla 2. Análisis Calculado de las dietas experimentales de aceite de vísceras de trucha arco iris. (%)

	Control +	Control -	2%	4%	6%
E. D.(Mcal/kg)	3.69	3.55	3.57	3.69	3.85
Proteína total	42.92	42.92	42.92	42.92	42.92
Grasa	11.72	8.75	10.75	11.75	14.75
Fibra	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
Fósforo total	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04
Fósforo asim	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Calcio	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85
Lisina total	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
Met+cis	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
Arginina	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
Histidina	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Isoleucina	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
Feni+tiro	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

c) Características del cultivo



Fig. 7. Proyecto Pailones

El sistema de cultivo estuvo constituido por 4 estanques circulares con una capacidad total de 28 m³. En cada estanque se ubicó dos jaulas flotantes divididas en dos subespacios por jaula, permitiendo manejar cuatro unidades experimentales por tanque.

El Caudal se mantuvo en el orden del 6.5 m³xh⁻¹, permitiendo una renovación del 100% del volumen total. Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron acorde a las exigencias de la especie; oxígeno disuelto a saturación (80%); pH de 7.3 ± 0.17; salinidad (0 ‰) y temperatura constante de 11.21 ± 1.25 ° C.

d) Alimentación y crecimiento

En cada unidad experimental se ubicaron 15 unidades observacionales. En total se sembraron 225 peces con pesos promedios 109.23 ± 4.71 (g), divididos en 16 grupos y distribuidos aleatoriamente.

Las truchas fueron alimentadas del 23 de agosto al 27 de octubre del 2007, a una razón de 1,5 %/día, tres veces al día (9h00, 12h00, 16h00,). El alimento se reguló a partir de los primeros 15 días en función de su peso corporal y temperatura promedio, a más de considerar la tasa de crecimiento específico. Antes de la primera alimentación las piscinas fueron limpiadas y cada quince días las truchas fueron pesadas y medidas.

Las variables de campo como la Tasa de Crecimiento Especifico (TCE), Factor de conversión alimenticia (FCA), Índice de Condición corporal (Ic), se determinaron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

e) Análisis Estadístico

Los datos de la primera fase del proyecto fueron sometidos a las pruebas de Anderson-Darling y Bartlett para verificar normalidad y homogeneidad de varianza. Se utilizó el programa Excel 5.0 ®, para estadística descriptiva y analítica.

Resultados

4.1 Parámetros abióticos

Las condiciones ambientales se mantuvieron acorde a las exigencias de la especie (Tabla N° 3). Temperatura con un promedio 11.21 ± 1.25 ° C (Fig.3); pH constante de 6.67 ± 0.28 y la tasa de oxígeno a saturación (80%).

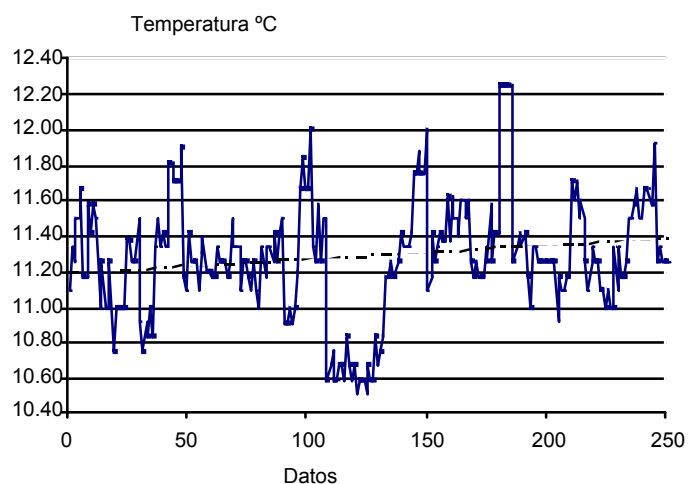


Fig 8. Temperatura del agua. Pailones 2007

Tabla N° 3. Promedios de los Parámetros físico - químicos del agua. Pailones, agosto - noviembre del 2007.

Mes	Lugar	T (°C)	pH	NO2 (ppm)	PO4 (ppm)	P2O5 (ppm)	P (ppm)
Agosto	Salida	11.21	6.40	0.02	0.50	0.38	0.17
Septiembre	Salida	11.21	6.45	0.01	0.71	0.53	0.23
Octubre	Salida	11.21	6.90	0.01	0.87	0.65	0.29
Noviembre	Salida	11.21	6.90	0.01	0.87	0.65	0.29

Fuente: Laboratorio de Acuicultura, IASA - ESPE 2007.

4.2 Evaluación de los rendimientos a la canal para trucha arco iris.

Se realizó una valoración de 500 peces, en las cosechas realizadas en el proyecto Pailones, durante el mes de mayo y junio del 2007. Los rendimientos a la canal, se encuentran en el orden del 86 %. (Tabla N° 4).

Tabla N° 4. Porcentaje de vísceras por unidad de peso.

Rangos de pesos (g)	Peso unidad (g)	Peso a la canal (g)	Vísceras (g)	Vísceras (%)
200-249	224.38±12.52	191.15±11.35	28.0±5.57	14.81
250-299	273.67±12.32	233.93±10.79	33.60±7.71	14.52
300-349	319.55±10.44	272.45±7.83	41.27±3.04	14.74
350-399	364.25±15.97	299.25±5.97	47.50±5.92	17.84

4.3 Extracción de aceite de vísceras de trucha arco iris

Se procesaron 300 kilogramos de vísceras de trucha arco iris, de las cuales se obtuvo un rendimiento promedio del 16 ± 0.01 % de aceite de buena calidad (Tabla N° 5).

Tabla N° 5. Volumen de aceite de pescado extraído de vísceras de trucha arco iris.

Unidades	Peso con vísceras (g)	Peso sin vísceras(g)	vísceras (g)	ciegos + hígado (g)	Aceite (mL)
1	311.00	264.35	46.65	19.94	7.84
2	297.00	252.45	44.55	19.04	7.84
3	350.00	297.50	52.50	22.44	7.84
4	303.00	257.55	45.45	19.43	7.84
5	330.00	280.50	49.50	21.16	7.84

Análisis bromatológico

Las concentraciones de AGPI está en el orden de 1,09 gramos / 100 gramos de vísceras de trucha. Las concentraciones de C20:5 (Acido eicosapentanoico) y C22:6 (Acido docosahexanoico), están en una concentración de 0.15 y 46 g. respectivamente (Tabla N° 6).

Tabla N° 6. Concentración promedio y tipos de ácidos grasos y colesterol en aceite de vísceras de trucha arco iris.

Aceite	AGS	AGM	AGP	Colesterol
trucha	0.43	0.74	1.09	80.0

	AGS			AGM			AGP				
	C14:0	C16:0	C18:0	C16:1	C18:1	C18:2	C18:3	C20:4	C20:5	C22:5	C22:6
	0.04	0.25	0.08	0.17	0.41	0.09	0.10	0.10	0.15	0.9	0.46

*Los ácidos grasos se expresan en gramos, el colesterol en miligramos.

**AGS.- ácidos grasos saturados :

C14:0 Acido mirístico

C16:0 Acido palmítico

C18:0 Acido esteárico

***AGM.- ácidos grasos monoinsaturados

C16:1 Acido palmitoléico

C18:1 Acido oléico

****AGP.- ácidos grasos poliinsaturados

C18:2 Acido linoléico

C18:3 Acido linolénico

C20:4 Acido araquidónico

C20:5 Acido eicosapentanoico

C22:5 Acido eicosapentanoico

C22:6 Acido Docosahexanoico

Análisis microbiológico

Los valores microbiológicos muestran un comportamiento normal en parámetros como coniformes, *Escherichia coli*, levaduras y mohos, más no en relación a las concentraciones de aeróbios mesófilos totales.

Tabla ° 6. Reporte Microbiológico del aceite de vísceras de trucha arco iris.

Parámetros	Unidades	N° 7 -11085
Aérobios Mesófilos totales	UFC x g ⁻¹	4,9 X 10 ²
Mohos	UFC x g ⁻¹	<10
Levaduras	UFC x g ⁻¹	<10
Coliformes	NMP x g ⁻¹	<3
<i>Escherichia coli</i>	NMP x g ⁻¹	<3

4.2 Parámetros Comerciales

a) Peso (g)

Durante las cinco semanas de cultivo la ganancia de peso (g) fue positivo. Existen diferencias significativas entre tratamientos ($p=0.0103$). El mejor tratamiento estuvo representado por el 4% de inclusión, obteniendo pesos de 226.09 g/unidad. El control negativo y positivo obtuvieron pesos de 212.20 y 215 g/unidad a la finalización del período (Tabla N° 7,8)

Tabla N° 7. Ganancia de peso (gramos) para trucha arco iris. Proyecto Pailones 2007.

Tratamientos	23/08/07	09/09/07	29/09/07	14/10/07	27/10/07
2% de inclusión (1)	109.23	133.53	162.10	191.96	217.86
4% de inclusión (2)	109.23	129.69	163.62	193.55	226.09
6% de inclusión (3)	109.23	136.45	166.89	193.62	219.53
Control - (4)	109.23	129.15	154.67	182.18	212.20
TESTIGO + (5)	109.23	136.09	158.42	186.80	215.18

Los tratamientos con inclusión de aceite de vísceras de trucha arco iris tienen diferencias estadísticas con el control negativo. Mientras que el control + y el control -, no tienen diferencias estadísticas ($p=0.084$)

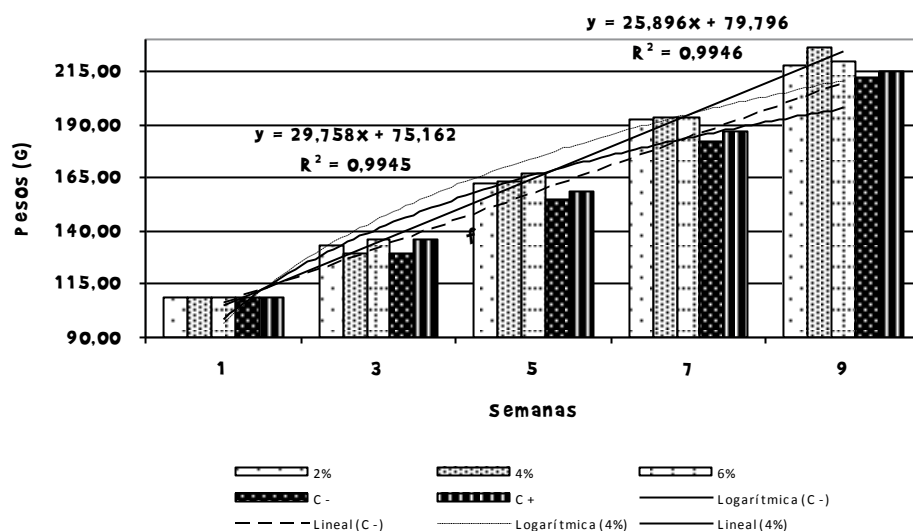


Fig 9. Peso (gramos). Trucha arco iris.

R2 en el mejor y peor tratamiento está en el orden de 0.9945, existiendo una estrecha relación entre el peso ganado y el tiempo de crianza (Fig. 4).

b) Longitud Total (cm.)

Durante las cinco semanas de cultivo la ganancia de longitud (cm.) fue positivo. No existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p=0.0597$) las mejores longitudes alcanzan los tratamientos 1 y 2 con el 2 y 4% de inclusión de aceite de vísceras, respectivamente (Tabla N° 9).

Tabla N° 9. Longitud total (cm.) para trucha arco iris. Proyecto Pailones 2007.

Tratamientos	23/08/07	09/09/07	29/09/07	14/10/07	27/10/07
2% de inclusión	20.00	22.10	23.55	24.92	26.11
4% de inclusión	20.00	22.28	23.71	24.98	26.20
6% de inclusión	20.00	21.74	23.93	24.81	25.88
Control -	20.00	22.33	23.33	24.72	25.83
Control +	20.00	21.92	23.38	24.51	25.41

c) Ancho Total (cm.)

Durante las cinco semanas de cultivo la ganancia ancho total (cm.) fue positivo. No hay diferencias entre los tratamientos ($p=0.2179$). El control (+) alcanzo los mejores anchos con 5.95 cm., (Tabla N° 10).

Tabla N° 10. Ancho total (cm.) para trucha arco iris. Proyecto Pailones 2007.

tratamientos	23/08/07	09/09/07	29/09/07	14/10/07	27/10/07
2% de inclusión	4.00	4.93	5.23	5.58	5.88
4% de inclusión	4.00	4.83	5.28	5.58	5.88
6% de inclusión	4.00	4.87	5.38	5.89	5.89
Control -	4.00	4.83	5.24	5.62	5.90
Control +	4.00	4.79	5.29	5.79	5.95

4.3 Parámetros Bioproductivos

a) Tasa de Crecimiento Específico (TCE)

El Tasa de crecimiento específico fue positivo, obteniendo un promedio de 1.30 ± 0.044 % / día. Entre los tratamientos no se encontraron diferencias significativas ($p=0.323$). Sin embargo los mejores tratamientos son los que tienen inclusión aceite de vísceras del 2 al 6 % con rangos del 1.30 al 1.37 % / día (Tabla N° 11).

Tabla N° 11. Tasa de Crecimiento Específico para trucha arco iris (%/día)

Tratamiento	Repetición	TCE	Promedio \pm Desv. est
2% de inclusión (1)	1.00	1.40	1.30 \pm 0.09
	2.00	1.29	
	3.00	1.22	
4% de inclusión (2)	1.00	1.45	1.37 \pm 0.10
	2.00	1.41	
	3.00	1.25	
6% de inclusión (3)	1.00	1.41	1.31 \pm 0.11
	2.00	1.19	
	3.00	1.34	
Control - (4)	1.00	1.34	1.25 \pm 0.08
	2.00	1.19	
	3.00	1.22	
Control + (5)	1.00	1.38	1.28 \pm 0.11
	2.00	1.16	
	3.00	1.29	

Mientras que el control negativo y positivo se mantuvo en el orden de 1.25 y 1.27 % / día respectivamente (Fig 6).

b) Factor de Conversión Alimenticia

El factor de conversión alimenticia se mantuvo dentro de los parámetros comerciales en todos los tratamientos ($1,24 \pm 0.047$). No se encontraron diferencias entre los tratamientos ($p=0.5034$). Si embargo los tratamientos que tuvieron una mejor conversión son aquellos en el que se encuentra incluido aceite de vísceras de trucha arco iris (Fig. N° 7).

El mejor tratamiento fue la dieta con el 4 % de inclusión de aceite de vísceras de trucha arco iris, con un FCA de 1.15 ± 0.12 , y una eficiencia del 87 %. (Tabla N° 12).

Tabla N° 12. Factor de conversión alimenticia

Tratamiento	Repetición	TCE	Promedio \pm Desv. est
2% de inclusión (1)	1.00	1.17	1.24 \pm 0.07
	2.00	1.24	
	3.00	1.31	
4% de inclusión (2)	1.00	1.10	1.15 \pm 0.12
	2.00	1.07	
	3.00	1.29	
6% de inclusión (3)	1.00	1.16	1.25 \pm 0.11
	2.00	1.37	
	3.00	1.21	
Control - (4)	1.00	1.19	1.27 \pm 0.07
	2.00	1.32	
	3.00	1.28	
Control + (5)	1.00	1.14	1.27 \pm 0.14
	2.00	1.42	
	3.00	1.25	

c) Índice de Condición Corporal

Índice de condición corporal se mantuvo en el orden de 1.25 ± 0.069 . No existen diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$). Los mejores rendimientos se pueden observar con el control + y el tratamiento con el 6% de inclusión con rangos de 1.32 cada uno (Fig. 7). Es evidente que el tratamiento 4 (Control -) tienen valores inferiores al resto, lo que directamente verifica el efecto aceite dentro de los tratamientos.

Discusión

La importancia del estudio, demuestra la oportunidad de revalorizar subproductos acuícolas. Las vísceras de trucha arco iris pueden brindar compuestos de alto valor añadido como: concentrados de proteína (FPC), hidrolizados de proteína (FPH), ácidos grasos poli -insaturados (PUFA's), proteasas, enzimas proteolíticas, insulina y esteroides y productos valorizados para harina y aceite de pescado, ensilados de pescado, biogas y compost. (Pérez- Villarreal, 2007). El estudio demuestra que pesos de cosecha entre los 200 a los 400 gramos brindan rendimientos de vísceras entre el 14.81 al 17.84 %, de los cuales se puede obtener el 16 ± 0.01 % de aceite de buena calidad, por su coloración, olor, viscosidad, densidad y contenido (PUFAS).

Es evidente que los rendimientos en parámetros comerciales y bioproductivos a diferentes porcentajes de inclusión de aceite de vísceras de trucha arco iris es positivo y no tiene diferencias con el aceite comercial ($p > 0.05$). Los mejores resultados obtuvieron los tratamientos con inclusión de vísceras de pescado hasta un 6%. El control negativo (sin aceite de ninguna clase), mantuvo resultados positivos, pero inferior al resto de tratamientos. Deficiencia de PUFAS refleja baja conversión del alimento y lento crecimiento. Además provoca, en algunas especies, infecciones que erosionan las aletas y/o las mandíbulas. La acumulación de grasas en el hígado, puede ser provocado por la deficiencia de algún ácido graso esencial que inhibe el transporte de lípidos desde el hígado. Otras alteraciones observadas en algunos peces, son la reducción en la cantidad y calidad de huevos, daños

en el riñón y reducción en el tamaño del hígado (Jobling et al., 1994).

Los AGPI en aceite de vísceras y aceite de pescado comercial, son similares en concentración de EPA (C20:5) y DHA (C22:6) que se encuentran en el orden de 0.15 y 0.46 g/ respectivamente. Estos datos se corroboran con resultados obtenidos en otras investigaciones y con aceite de pescado de excelente calidad (Turchini et al., 2005).

La análisis microbiológico brinda resultados alentadores en todos los parámetros de calidad de producto, sin embargo se tiene evidencia de moderadas concentraciones de aeróbios mesófilos totales, diferenciándose la presencia de *Bacillus cereus*, el mismo que puede incidir en la calidad de las dietas y su conservación.

El FCA, TCE, Longitud total y longitud estándar, demuestran resultados positivos. La trucha arco iris alimentada con dietas conteniendo ácidos grasos de la serie (n-3), presenta un buen desarrollo a diferencia de aquellas alimentadas con dietas que contienen PUFAS de la serie n-6. Este grupo de compuestos es conocido por tener un papel fisiológico central en la regulación de la respiración y reproducción. Por otro lado, la trucha presenta un requerimiento esencial pequeño por la serie n- 6, especialmente por el PUFA 20:4 (n-6), sin embargo algunos peces presentan buenas tasas de crecimiento con dietas bajas en ácidos grasos de la serie (n-6))(Sargent et al., 2003; Jobling , 1994).

El reemplazo de aceite de pescado en salmónidos, por ciertos tipos de aceites vegetales, hasta en un 100%, no afecta el crecimiento, pero altera la composición corporal de las grasas. El efecto de aceites vegetales en el metabolismo de ácidos grasos en el hígado de truchas, se ve alterado, por la necesidad de elongar y desaturar los ácidos grasos de cadena larga n-3 altamente insaturados (HUFA). Además un mayor engrasamiento del pez va en detrimento de la calidad del producto final dando lugar a problemas de enranciado (Menoyo et al., 2002; Menoyo et al., 2003; Bautista, 2004)

Los aceites vegetales son económicos y poseen un contenido inferior en dioxinas. Sin embargo no existen aceites vegetales ricos en n-3 HUFA, a excepción del aceite de linaza. Se hallan pocos aceites ricos en sus n-3 PUFA precursores, siendo los ácidos grasos más abundantes el 18:1n-9 y el 18:2n-6. Los expertos en medicina y nutrición creen que el consumo excesivo de ácido

linoléico (18:2n-6) derivado de los aceites vegetales constituye un factor de riesgo en relación con enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares. Los resultados obtenidos hasta la fecha, parecen indicar que, al menos, esta acumulación de 18:2n-6 en la musculatura del pez, es reversible en parte a corto- medio plazo, mediante la reposición de los n-3 HUFA en la dieta previamente a la comercialización del pescado (Carrera et al., 2005).

Es concluyente que la valorización de aceite de pescado como ingrediente alternativo y fuente de ácidos grasos poliinsaturados para la trucha arco iris, es positivo, y que no afecta a los parámetros comerciales y bioproductivos de la especie, sin embargo la mejora en los procesos de obtención y disminución de las concentraciones de mesófilos totales, es una tarea a considerar.

El valor agregado, a un subproducto acuícola permitirá a los productores de peces, manejar los proyectos acuícolas de una forma sostenible, sustentable y acorde a la legislación medioambiental vigente en el mundo.

Bibliografía

1. Alvarez M.J., Diez A., López-Bote C.J., Gallego M. and. Bautista J.M (2000) Short-term modulation of lipogenesis by macronutrients in rainbow trout hepatocytes. *British Journal of Nutrition* 84, 619-28.
2. Alvarez M.J., López-Bote C.J., Diez A., Corraze G., Arzel J., Dias J., Kaushik S.J. and. Bautista J.M. (1998) Dietary fish oil and digestible protein modify susceptibility to lipid peroxidation in the muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) *British Journal of Nutrition* 80, 281-289 .
3. Alvarez M.J., López-Bote C.J., Diez A., Corraze G., Arzel J., Dias J., Kaushik S.J. and. Bautista J.M (1999) The Partial Substitution of Digestible Protein by Gelatinized Starch as an Energy Source Reduces Susceptibility to Lipid Oxidation in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Muscle. *Journal of Animal Science* 77, 3322-3329.
4. Bautista, J. 2004. Potencial metabólico para la utilización de aceites vegetales en la nutrición de peces. Sesión Nutrición. Ponencia de Apertura.

5. Blanco, M. 1995. Cría Industrial de la Trucha Arco Iris. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 503.
6. Carrera, J. J., Bautista, M.E., Baró L., Fonollá J. & J. Jiménez. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria* (1) 63-69
7. Dias J., Alvarez M.J., Diez A., Arzel J., Corraze G., Bautista J.M. and Kaushik S.J. (1998) Regulation of hepatic lipogenesis by dietary protein/energy in juvenile European sea bass. *Aquaculture* 161, 169-186 .
8. Dias J., Corraze G., Arzel J., Alvarez M.J., Bautista J.M., López-Bote C. and Kaushik. S.J. (1999) Nutritional control of lipid deposition in rainbow trout and European seabass: Effect of dietary protein energy ratio. *Cybium* 23: 127-137.
9. Escudero, NL., G. Albarracin, S. Fernández y L.M. De Arellano. 1999. Nutrient and antinutrient composition of *Amaranthus muricatus*. En *Plan foods for human nutrition*. 54(4) pp.327-336.
10. Jobling, M.; Grete, L. & C. Solberg. 1994. Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L., smolt production strategy affects body composition and early seawater growth. *Aquaculture* . 237pp 191-205
11. López-Bote C.J., Diez A., Corraze G., Arzel J., Alvarez M.J., Dias J., Kaushik S.J. and. Bautista J.M (2001) Dietary protein source affects the susceptibility to lipid peroxidation of rainbow trout (*O.mykiss*) and seabass (*D. labrax*) muscle. *Animal Science* 73, 443-449.
12. Menoyo D., López-Bote C., Bautista J.M. and Obach A. (2002) Herring vs. Anchovy oils in salmon feeding. *Aquatic Living Resources* 15: 217-223.
13. Menoyo D., López-Bote C., Obach A. and Bautista J.M. (2003) Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. *Aquaculture* 225: 295-307.
14. Molina, C. & Y., Paredes. 1997. Manual de Técnicas de Nutrición Acuícola. Proyecto JICA- CENAIM. Pp 1- 141
15. Molina, C. 2003. Nutrición Acuícola. Clases de Maestria 2002 - 04.
16. Ortiz, J.; Acosta, A.. & J.Giacometti. 2006. Optimización de Protocolos sanguíneos e histológicos para Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la Hacienda el Prado - Ecuador. *Revista Ciencia*. En impresión.

17. Ortiz, J.; Falconí, R. & M. Luna. 2005. Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Ciencia*. V8, 2:63,70.
18. Pérez- Villarreal, B. 2007. Aplicación y uso de sub-productos Acuícolas. 9no Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. Pp 22-23.
19. Sala Fabio. 2007. Comunicación personal.
20. Sargent, J & G. Bell. 2003. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture*. 218. pp 491 -499.
21. Turchini, M.; Mentaste, T., Caprino, F., Giani, I., Panseri, S., Bellagamba, F., Moretti, V. & F. Valfré. 2005. The relative absorption of fatty acids in brown trout (*Salmo trutta*) fed a commercial extruded pellet coated with different lipid sources. *Ital.J. Animal Science*. Vol 4,241-252.

Capítulo

5

ENFERMEDADES

5. Enfermedades en el Cultivo de Trucha arco iris y control profiláctico

El mantenimiento de biomásas de trucha arco iris, con un buen estado sanitario, dependerá del nivel de intensidad en los sistemas de producción. Densidades de carga elevadas de trucha arco iris en diferentes estados fisiológicos y por unidad de área en jaulas flotantes, estanques, entre otros, disminuye la capacidad de resistencia del organismo. Como consecuencia puede provocar un brote de enfermedad, y el contagio generalizado en toda la biomasa en proceso productivo.

Es importante el seguimiento del comportamiento de todos los factores que inciden en el ambiente acuático. Las medidas preventivas y control, permitirán la supervivencia de las biomásas en producción.

En el cultivo de trucha arco iris existen aproximadamente 83 tipos de diferentes parásitos, de los cuales un tercio parasitan en las etapas juveniles, provocando enfermedades invasivas e infecciosas (Titarev, 1980).

1. Enfermedades infecciosas

a. Furunculosis

El agente etiológico es la bacteria *Aeromonas salmonicida*, la misma es inactiva en aguas claras y limpias, pero rápidamente se distribuye y reproduce en aguas con alta turbidez. La furunculosis se presenta en dos formas: en el intestino y músculo del pez. Por lo general cuando la incidencia de la bacteria está en la región intestinal, existe un desgarramiento de las mucosas superficiales, con presencia de leves pero peligrosas hemorragias. A nivel cutáneo se puede evidenciar en los músculos vesículas, que contienen un fluido sanguinolento. Por lo general estas tienden a romperse, formando úlceras con bordes rasgados (ampollas sangrantes). Los bordes rasgados son invadidos inmediatamente por hongos, dando origen a una saprolegniosis. (Del Valle, A. 1992)

El óptimo de desarrollo de los complejos bacterianos se dan a temperaturas de 10 – 15 °C. La trucha arco iris es menos propensa a adquirir esta enfermedad en relación a la trucha del arroyo (*Salvelinus fontinalis*) y otras especies de salmónidos. En la piscifactoría que se detecte la presencia de esta enfermedad, inmediatamente debe entrar en cuarentena. Para su curación se utiliza la mezcla de antibióticos en el alimento balanceado (para 100 Kg de biomasa, se recomienda 10 g de furasolidona y 5 g de terramicina).

b. Enfermedad de la Boca Roja

Provocado por la presencia de la bacteria *Yersenia ruckeri* sp. nov. Potencialmente ataca a todos los salmónidos, confirmados en el salmón del atlántico, trucha del arroyo, trucha arco iris, entre otros. Por lo general la sintomatología está dada por la coloración de la boca, hemorragias en el intestino posterior y una descarga amarilla por el ano. Por lo general la coloración del pez cambia a oscuro, con un comportamiento letárgico y una exoftalmia bilateral, hasta la ruptura del ojo (Del Valle, A. 1992).

c. Enfermedad del columnaris

Provocado por la presencia de bacilos largos, gram negativos, *Flexibacter columnaris*. También conocida como la enfermedad del algodón y fungosis bucal. Los rangos de temperatura óptima de aparición es 14 °C. Las lesiones ocurren inicialmente como erosiones cutáneas blanco – grisáceas sobre las aletas, cabeza y tronco. La zona afectada puede estar tan erosionada que se produzcan úlceras poco profundas. Por lo general las lesiones tienden a tomar una coloración amarillenta – anaranjado. (Del Valle, A. 1992)

d. Enfermedad del agua fría

Es una enfermedad que ataca en épocas tempranas de crianza, alevinaje, juvenil. Las temperaturas de apareamiento es < a 12 ° C. La fuente de origen son bacterias gram – negativas , conocidas como *Cytophaga psychrophila*. El efecto es directo a nivel de pedúnculo caudal. Tiende a erosionarse, pudiendo

sufrir la pérdida de la aleta caudal y la columna vertebral eventualmente expuesta. En forma crónica los peces pueden exhibir lordosis y escoliosis. (Del Valle, A. 1992)

e. Micosis

Agente etiológico: varios géneros de hongos, siendo los más importantes: *Achlya*, *Aphanomyces* y *Lagenidium*, todos del orden Saprolegniales. Por lo general están presentes en el ambiente como saprófitos, pero en condiciones favorables causan infecciones como consecuencia de lesiones por bacterias, protozoos y metazoos; incluso la materia inerte en suspensión como la arena propicia la infección (Del Valle, A. 1992).

2. Parásitos

a. Trematodes monogeneos

El agente etiológico está considerado: Dactilogíridos: *Dactlogyrus*, *Cleidodiscus*, *Ancyrocephalus* y Girodactílicos: *Neogyrodactylus*, *Gyrodactylus*, *Gyrodactyloides*.

Estos tremátodes se presentan con frecuencia en los cultivos, especialmente cuando el agua del estanque presenta abundancia de sidos totales. Son peligrosos por su ciclo directo: adulto oncomiracidio adulto. Infestan la piel, aletas y branquias. En el examen microscópico de un frotis de piel o branquias se observa organismos aplanados, dorso-ventralmente modificados para fijarse al sustrato por medio de ganchos localizados en el extremo superior. En peces se observa ocasionalmente infestaciones por dactilogíridos a nivel de branquias en el estado de alevines. Los dactilogíridos son característicos por sus manchas oculares. El efecto patógeno se manifiesta con la destrucción de las laminillas branquiales del pez y por abundante secreción de mucus (Titarev, 1980).

b. Costiosis

Es una de las enfermedades que ataca en las etapas de juvenil. Puede ocasionar altas tasas de mortalidad. Por lo general se ubica en la zona opercular, específicamente en las branquias. El agente etiológico es *Costia necatrix*, el mismo que no es visualizado a simple vista. Por lo general provoca una coloración entre azul y plateado en zonas dorsales. Mal manejo en las intalaicones, falta de alimentación aumenta la posibilidad de contagio en las biomasas en producción. Por lo general tiende a presentarse a temperaturas de 20°C. Para la curación se utiliza, sal en grano en concentraciones de 1 - 2,5 % de sal durante 15 a 20 minutos (Titarev, 1980).

c. Ictioftiriosis

El agente etiológico es la infusoria *Ichthyophthirius multifiliis*, por lo general parasita la piel, branquias y zonas oculares. El ciclo de vida esta constituido de dos fases. La primera que la realiza en la base de fondo del estanque, en forma de cistos. Estos se dividen hasta 2000 nuevos parásitos, los cuales tienden a invadir nuevos hospederos. Las temperaturas optimas para la división está entre los 16 - 22 °C. A temperaturas bajas disminuye el ritmo de vida. Para su control es importante baños de inmersión durante algunos minutos con formalina (Titarev, 1980).

3. Parámetros hematológicos para diagnósticos sanitarios

Los ritmos biológicos desempeñan un papel clave en la organización temporal de los organismos vivos y poseen un importante significado adaptativo al sincronizar numerosas funciones de los individuos con las variaciones del ambiente que lo rodea, permitiéndole de este modo anticiparse a los cambios. Estos biorritmos están normalmente sincronizados a ciclos u oscilaciones ambientales, como el ciclo luz-oscuridad, la temperatura, el horario de alimentación o el ciclo lunar (De Pedro, 2004). Alteraciones en los factores abióticos, ocasionan por ejemplo, casos de hipoxia y de irritaciones

o lesiones branquiales debidas a descensos bruscos del OD y pH; un exceso de amoníaco, nitritos, sólidos en suspensión u otros productos tóxicos, predisponen a micobacteriosis o costiosis; enfermedad de las burbujas asociadas a la supersaturación de gases.(Cuellar,2003). Es por ello que los factores de cultivo deben ser monitoreados y encontrarse dentro de los márgenes normales.

Entre las variaciones fisiológicas y hematológicas ante situaciones estresantes, la adrenalina favorece un equilibrio iónico de los eritrocitos en truchas y otras especies, permitiendo el ingreso de Cl⁻ y Na⁺ y salida de H⁺, evitando el descenso del pH interno lo que disminuiría la afinidad de la Hemoglobina por el oxígeno. El incremento de estos iones en los hematíes ocasionaría un aumento del hematocrito, asociados a una disminución de la CHCM (Vermette & Perry, 1988; Matais et al., 1992; Perry & Reid, 1993; Bourne, 1986 en Trenzado, 2004 en Buenaño , 2008).

Tabla 1. Datos de Hemoglobina , Hematocrito y Recuento de glóbulos rojos, para trucha arco iris en tres fases de producción

Estadio	Juveniles		Adultos		Reproductores	
Peso (g)	63,00	125,00	430,00	244,00	677,00	1797,00
Hb (g/dL)	6,35±0,22	11.39±0.35	6,99±2,99	10.56±0.41	8,45±0,35	13.28±0.39
Hcto (%)	26,4±0,85	58.96±1.40	40,7±8,66	73.15±1.39	57,0±3,90	75.19±1.18
RBC (cel x 10 ⁶ /μL)	0,939±0,04	1.63±0.05	1,415±0,25	1.46±0.05	0,688±0,06	1.53±0.06

Fuente: Buenaño, 2008.

4. Medidas de control profiláctico.

El manejo adecuado de los tres componentes fundamentales (hospedero, medio y complejos bacterianos), permitirán el correcto comportamiento fisiológico de los individuos. El huso de la sal engrano, permite actuar inmediatamente, de una forma eficiente en el control de hongos, bacterias y parásitos.

Tabla 2. Tratamiento de algunas enfermedades en trucha arco iris.

Producto	Agente Etiológico	Forma de Aplicación	Dosis ppm	Duración del tratamiento
Formol, Formaldehído (40 %)	Protozoos <i>Trichodina ichthyophthirius</i>	Baño	167 - 250	1 hora
Masotén, neguvón	<i>Gyrodactylus</i>	Baño	1%	2 - 3 min.
Oxalato de Cobre Sal en grano	<i>Saprolegnia</i>	Baño	67 10%	1 min. 40 segundos
Oxitetraciclina	Bacterias: vibriosis	Premezcla	7.5 mg/100 kg de peso vivo	5 - 15 días

Fuente: Del Valle, 1992

5. Bibliografía

1. Buenaño, M. 2008. Análisis hematológico de trucha arco iris en el Ecuador. Tesis de grado. Universidad Católica del Ecuador. pp 135
2. Del Valle, A. 1992. Procedimiento para la detección e identificación de ciertos patógenos de los peces. Agencia de Cooperación internacional del Japón (JICA). Editorial Hemisferio. pp 109.
3. Titarev, E. 1980. Truticultura. Industria de alimentos, Moscú, 1980. pp161.

Optimización de Protocolos sanguíneos e histológicos para Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en la Hacienda el Prado – Ecuador.

Juan Ortiz T. (1), Alfredo Acosta B. (1), Juan Giacometti V. (2), Rómulo Falconí(1) ,Marco Luna N. (1)

Introducción

El análisis hematológico es una poderosa herramienta para determinar la condición nutricional e inmunológica de un animal en sus diferentes estadios productivos revelando un estado fisiológico real.

La respuesta inmunitaria de los peces es primitiva en relación a las aves y mamíferos, aunque los mecanismos inmunológicos no son diferentes. La producción de anticuerpos depende de la temperatura del agua y factores de comportamiento asociados a la densidad poblacional, alimentación, manejo, iluminación, jerarquía social y en general a fenómenos de estrés (Cuellar, 2003). La respuesta inmune en teleosteos, se encuentra repartida en el timo y mucosas intestinales como órganos de producción de linfocitos; el riñón anterior análogo a la médula ósea en mamíferos y el bazo. Estos órganos juegan un papel importante en la memoria inmune de los peces (Fernández, 1999).

La histología en animales acuáticos mediante la micro-anatomía, permite determinar lesiones que se encuentran a escala celular y que muchas veces en un principio no manifiestan signos externos de daño. Se puede diagnosticar hiperfuncionabilidad de algún órgano mediante técnicas de microscopia histológica, por ejemplo tras la ingesta de alimentos, el depósito de glucógeno en los hepatocitos se extiende desde la periferia hacia el centro de lobulillo, donde, dependiendo del grado de intoxicación puede ocasionar necrosis centrolobulillar (Geneser 1993).

La anatomía microscópica es útil para estudios del desarrollo preimaginal e imaginal y órganos aislados con fines taxonómicos, morfológicos y morfo-funcionales. Existen varios protocolos para estudios de anatomía microscópica. La técnica in toto en la cual se estudia al individuo completo y

la técnica histológica con la cual se realizan cortes histológicos del individuo u órgano a ser estudiado (Martínez, 2002).

Con estos antecedentes, el resultado en la optimización de protocolos hematológicos de la sangre e histológico del hígado de trucha arco iris en el proyecto amaranto y quinua (Ortiz et al., 2005), permitirán inferir en la respuesta metabólica (crecimiento) e inmunológica (supervivencia) del individuo bajo diferentes condiciones nutricionales.

Metodología

Material biológico.- El proyecto se desarrolló en los laboratorios del Centro de Investigación Científica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias IASA - ESPE. Las truchas alimentadas con seis dietas isoprotéicas e isocalóricas conteniendo diferentes niveles de inclusión de quinua (*Chenopodium quinua*) y amaranto (*Amaranthus caudatus*) fueron analizadas. Se muestrearon aleatoriamente 16 individuos (n=16) de la especie trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), hembras 95% de origen español.

Procedimientos para análisis sanguíneo

Toma de muestras y extracción de sangre.- Bajo condiciones de asepsia total y de una forma rápida se anestesió localmente a los peces con lidocaina más epinefrina (1:80000) en dosis de 250mg/L (producto comercial al 2%). El tiempo de inducción fue de: 2-4 minutos y la recuperación menor a 10 minutos. Este aturdimiento es deseable para disminuir respuestas al estrés, más no indispensable en la manipulación del pez.

Las muestras se obtuvieron por punción caudal en la que se coloca decúbito al pez. Se introduce la aguja a un ángulo de 45° con relación a la línea lateral. Las agujas fueron tratadas inicialmente con anticoagulante EDTA (Etilen Diamino Tetra Acetato) 4 mg / mL de sangre (Valenzuela et al., 2002). Una concentración de heparina sodita mínima de 0.24 mg/ mL de sangre (41 UI/ mL), en solución de sal tampón fosfatada (pH 7,5) fue necesaria para prevenir la coagulación completa. Se uso 0,22 µL de heparina sódica equivalentes a

110 UI. Se realizó la extracción de 2 mL de sangre, directamente del pronefro localizado bajo la espina del pez cerca de la terminación de la aleta caudal (Fig 1).

La elección del anticoagulante correcto es de vital importancia en el muestreo, ya que la sangre de salmónidos se coagula a los 10 segundos. El hematocrito y la concentración de hemoglobina son influenciados por la elección del anticoagulante y su concentración en los volúmenes muestreados. La heparina y su isoosmolaridad con la sangre del pez tienen un mejor efecto en este protocolo.

Hematocrito (Hcto %).- Se centrifugó las muestras en tubos para microhematocrito de 80 μ L a 4200 g por 10 minutos en centrifuga normal. El resultado enuncia la proporción de sangre ocupada por los glóbulos rojos (eritrocitos) después de la centrifugación.

Recuento eritrocitario (Rcto eritrocitos /mm³).- Se realizó el conteo en cámara cuenta-glóbulos de tipo Neubauer. Previa dilución en suero fisiológico (solución acuosa de NaCl al 0.85%) dentro de pipetas con balón en dilución 1:202. Empleando un microscopio Olympus CH 30 en un aumento de 400x, se contabilizó por triplicado y se sacó un promedio de 5 cuadros de 0.2 mm² (total 15 cuadros de 0.2 mm²) y luego considerando (0.04 mm² de cada uno) x (5 contados) x (0.1mm profundidad) y elevando a la dilución (202). En la práctica basta con multiplicar por 10000 el valor contabilizado.

Hemoglobinometría (Hbna).La determinación de la hemoglobina es de mucho valor en el diagnóstico de ciertas condiciones patológicas y como indicador de la condición fisiológica y nutricional del pez. Las técnicas más precisas se fundamentan en la determinación de la capacidad oxigenadora o bien, en el contenido férrico de la sangre. Cualquier método de hemoglobinometría aplicado a la sangre se complica a raíz del hecho que los eritrocitos son nucleados. Sin embargo, se ha demostrado que el método de cianmethemoglobina es confiable para fines prácticos, dado que la oxihemoglobina, carboxihemoglobina, methemoglobina y hemoglobina reducida se convierten en cianmethemoglobina, cuya concentración se mide colorimétricamente. Las hemoglobinas se oxidan por la acción de ferricianuro a methemoglobina, la cual queda convertida en cianmethemoglobina por la acción del cianuro.

Índices hematológicos.- Los índices hematológicos permiten calificar y cuantificar ciertos caracteres de los eritrocitos, concretamente en el diagnóstico de anemia. Es interesante señalar que el volumen corpuscular medio, por ejemplo, podría ser valorado por el tamaño de los eritrocitos cuando los salmónidos experimentan cambios fisiológicos tales como aclimatación a medios salobres en fase de esguín, migración a fuentes hídricas continentales para el desove, entre otros (Conroy, 1987) .

Volumen Corpuscular Medio (VCM).- Volumen ocupado por un eritrocito medio. Mide el volumen promedio de todos los glóbulos rojos. Un volumen corpuscular medio bajo significa que las células son más pequeñas que lo normal. Esto normalmente es causado por deficiencia de hierro o enfermedades crónicas. Un volumen corpuscular medio alto no es una condición peligrosa. Sin embargo, puede indicar anemia megaloblástica, en la cual los glóbulos rojos son grandes y pálidos. Esto es provocado por una deficiencia en ácido fólico.

$$\text{VMC } (\mu\text{m}^3) \square \frac{\text{Hcto } (\%) \times 10}{\text{Rtco } (1 \times 10^6 / \text{mm}^3)}$$

Hemoglobina Corpuscular Media (HCM).- Equivale al peso de la hemoglobina en un eritrocito medio.

$$\text{HCM } (\mu\text{g}) \square \frac{\text{Hb } (\text{g}/100 \text{ ml}) \times 10}{\text{Rtco } (1 \times 10^6)}$$

Concentración Corpuscular Media de Hemoglobina (CCMH).- Porcentaje de células (no de sangre total) ocupada por la hemoglobina, índice muy importante en la estimación de la cantidad de hemoglobina por célula.

$$\text{CCMH } (\%) \square \frac{\text{Hb } (\text{g}/100 \text{ ml}) \times 100}{\text{Htcr } (\%)}$$

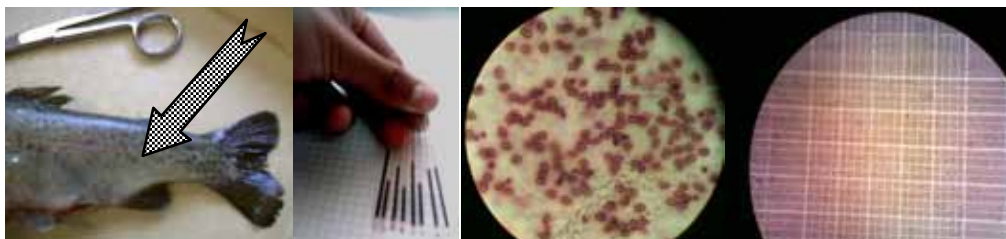


Figura 1. Toma de muestras y análisis de sangre de trucha arco iris.

Protocolo para histología en peces

Selección y preparación de la muestra.- Se selecciono al azar, tres individuos de cada tratamiento alimenticio, tanto para la dieta de Quinoa (20-25-30) como para Amaranto (20-25-30), tomando como referencia tres individuos control con dieta normal de balanceado. En total se sacrificaron 21 individuos, de los cuales se extrajo el hígado con ayuda de pinzas de disección y bisturí.

Las muestras fueron inyectadas y colocadas en solución Davidson (Solución acuosa, con 33 % de agua destilada; 33% de Alcohol etílico al 95%; 22% de solución de formol al 39%; 12 % de ácido acético glacial) por 72 horas y después del corte (5 mm³), preservadas en alcohol al 70 %¹ hasta su inclusión en parafina.

Inclusión en parafina.- Los cortes mantenidos en alcohol al 70% se deshidrataron colocándolos en recipientes que contenían alcohol al 80% por 30 minutos, luego por dos cambios de alcohol al 96 % durante 45 minutos y posteriormente por tres cambios de alcohol absoluto por 45 minutos cada uno. Al final los tejidos se colocaron en una solución de xileno - alcohol absoluto en proporción 1:1 por 1 hora y dos cambios en xileno por 1 hora cada uno.

La muestra deshidratada en xileno, se la trasfiere a tres baños de parafina en punto de fusión mantenido en una estufa a 60 °C por una hora cada uno. Las muestras por separado se colocaron en un bloque de parafina (1cm³) orientándola en la posición deseada y enfriándola bruscamente en un baño con agua helada para solidificarla.

Obtención de cortes histológicos.- Del bloque experimental se retira y recicla el exceso de parafina empleando un bisturí, se lo sujeta en la platina del micrótopo, orientado en posición tal, que permita hacer cortes longitudinales del tejido. Se calibra el micrótopo para cortes seriados de 6 micras de espesor. La tira con el corte seriado y con ayuda de un pincel se coloca en un recipiente con agua fría para que flote y se extienda, con el mismo pincel se traslada a un recipiente con agua caliente (aprox. 40°C) para

¹ La estancia superior a cuatro semanas puede ocasionar endurecimiento de la muestra.

mayor extensión del corte y adhesión de la tira en la lamina portaobjeto.² Se introduce la placa en agua caliente para capturar la muestra flotante y dejarla secar a temperatura ambiente.

Desparafinización.- La placa portaobjeto es sometida en una estufa con flujo de aire a una temperatura de 58 ° C por 2 horas, se realiza la desparafinización e hidratación de las muestras en dos inmersiones en xileno por 3 minutos cada una, pasándolas luego 5 minutos en alcohol al 100% y dos cambios de alcohol al 96% por 10 minutos cada uno. Pasar luego a una solución 1:1 de alcohol al 96% con alcohol al 70% por 7 minutos, y finalizar en una solución 1:1 de alcohol al 96% con agua destilada por 5 minutos.

Tinción y montaje.- Para la coloración de placas se emplearon tres diferentes técnicas a base de Hematoxilina de Harris, de Lendrum y de Wright como método alternativo de tinción.

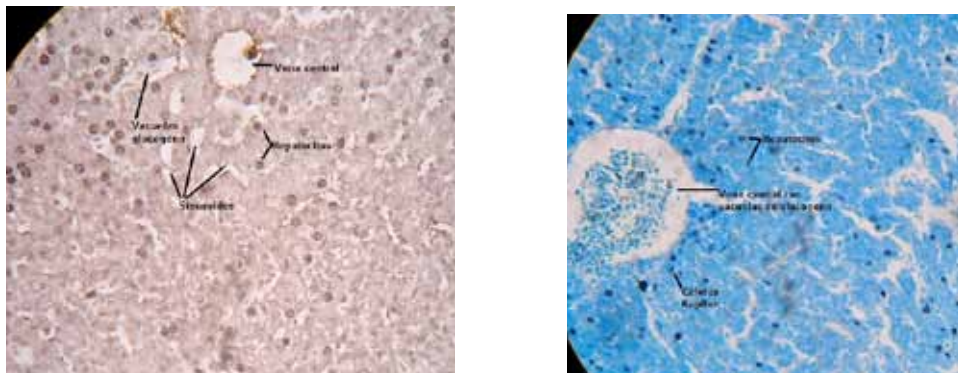
Durante la tinción con hematoxilina de Harris se realizó la sustitución de óxido de mercurio por permanganato de potasio, según los trabajos realizados por (Greck et al., 2005) La muestra hidratada se colocó por 5 minutos en solución de Harris modificada, paso por dos lavados en agua destilada por 1 m. cada uno, realizando la diferenciación en alcohol ácido por 30 s. y azulando los núcleos en agua corriente de scott (STWS) por 3 minutos; lavar nuevamente en agua destilada por 1 minuto y dar contraste con solución de eosina alcohólica al 1%. Posteriormente se deshidrata la placa sometiendo la muestra por 2 minutos a diferentes concentraciones en alcohol (70%, 83% y 96%). Finalmente se deja secar levemente la placa y se realiza el montaje en bálsamo de canada, revistiendo con el cubreobjeto y sellando con esmalte transparente para su observación en 400x. Similar procedimiento fue dado con la hematoxilina de Lendrum con la diferencia en el tiempo de coloración el cual necesito de 20 minutos. Las muestras tanto para la hematoxilina de Harris como para Lendrum mostraron una tonalidad rosada donde se logra diferenciar un tono violáceo, los núcleos de los hepatocitos, vacuolas de glicógeno y células de Kupffer (Fig. 2).

Alternativas a la tinción con hematoxilina y eosina se empleo una coloración pancreática (Aimale, M.&J. Gatti, 2003) a base del colorante Wright

² La placa debe estar debidamente etiquetada, a fin de evitar pérdida de numeración

el mismo que luego de la hidratación de la muestra se colocó directamente sobre la placa, dejándolo actuar por 3 minutos, se añadió unas gotas de agua destilada mezclándolo ligeramente mediante soplos y dejándolo reposar por 5 minutos. La muestra fue clarificada y deshidratada por diferentes concentraciones en alcohol (70%, 83% y 96%) con un tiempo de dos minutos cada uno y de ser necesario en xileno por un minuto. Finalmente se realizó el montaje en bálamo de Canadá y sellándolo con esmalte transparente para su observación en 400x. Durante la aplicación de esta técnica de coloración se puede apreciar el tejido hepático en diferentes tonalidades de azul, donde se distinguen los hepatocitos, vacuolas de glucógeno y células de Kupffer (Fig. 3). Esta tinción si bien es mayormente empleada en frotis sanguíneos, también puede ayudar a un reconocimiento rápido de algún tipo de hiperfuncionalidad del hígado (Flores, 2006).

Figura 2. Tejido hepático Iz. (Control) Tinción de Lendrum; Der. (Q25) Tinción de Wright



Resultados y Discusión

Análisis sanguíneo.-Transportar oxígeno por el torrente sanguíneo, depende del compuesto férrico de la sangre, la hemoglobina. El contenido de hemoglobina en la sangre del pez varía acorde al número de eritrocitos presentes (Lagler et al., 1984). Según Hidrovo, (no public), el número de eritrocitos en truchas de 500 g es de 800,000 - 1'200,000 u/ mm³, datos que son comparables con nuestra investigación.

El tratamiento Amaranto 20% y Control presentaron valores altos en Volumen Corpuscular Medio, siendo los eritrocitos más grandes en volumen, aunque el porcentaje de Hemoglobina expresado en CCMH es bajo. Los contenidos de hemoglobina en ésta investigación, son similares al control ($p>0.05$) (Fig.4). El Centro de Investigaciones Acuícolas de Papallacta (CENIAC) ha detectado valores hasta 18 Hb/100 mL (Hidrovo, no public).

Los tratamientos de quinua y amaranto se encuentran en parámetros normales con hematocrito (Tabla 1, 2). Los datos aquí presentados son superiores a estudios realizados por Hidrovo, (no public) 30% y Sanz, (2003) 26%. Las dietas con quinua incidieron en el aumento de eritrocitos y hemoglobina en la sangre; las dietas de amaranto sobre el volumen eritrocitario. La cantidad de eritrocitos y su volumen corpuscular medio son inversamente proporcionales, ya que al volverse más eficientes disminuyen su población. Los valores hematológicos en los tratamientos son normales, por lo que la proteína suministrada no afectó los componentes sanguíneos en los tratamientos.

Tabla 1. Promedios por tratamiento en dietas alimenticias con Amaranto.
(Promedio y desviación estándar)

Tratamientos	A 30 %	A 25 %	A 20 %	Control
Peso (gramos)	540±1.41	568.67±42.34	586.33±44.26	676.50±63.64
Índices sanguíneos				
Rcto (eritrocitos/mm ³)	764,418±75,000	1'016,565±94,969	650,945±30,664	688,416±64,900
Hbna (g/100mL)	7.90±0.28	8.85±0.49	7.60± 0.82	8.45±0.35
Hcto (%)	41.00±4.00	56.00±2.83	50.00±4.24	57.00±3.90
VCM (μ ³)	577.73±52.8	559.44±56.68	900.90±82.00	832.07±37.48
HCM (μu ³)	106.91±9.49	88.37±8.97	128.98±8.14	122.63±1.01
CCMH (%)	20.62±1.13	15.80±0.54	15.35±1.56	14.76±0.78

Tabla 2. Promedios por tratamiento en dietas alimenticias con Quinua.
(Promedio y desviación estándar)

Tratamientos	Q 30 %	Q 25 %	Q 20 %	Control
Peso (gramos)	395±31.42	493±5.66	469±38.18	676.50±63.64
Índices sanguíneos				
Rcto (eritrocitos/mm ³)	761,540±65,690	827,493.00±75,244	681699±26,210	688,416±64,900
Hbna (g/100mL)	8.35±0.86	9.45±0.49	9.40±1.27	8.45±0.35
Hcto (%)	43.00±3.07	48.50±3.36	47.50±5.68	57.00±3.90
VCM (μ ³)	567.00±23.07	606.89±24.96	692.32±72.00	832.07±37.48
HCM (μ ³)	110.53±8.67	121.94±10.54	138.36±13.99	122.63±1.01
CCMH (%)	19.48±0.74	19.72±0.61	21.80±1.79	14.76±0.78

Análisis histológico.- El hígado es un órgano importante para metabolizar Nitrógeno y otros metabolitos. Es necesario recordar que en el hígado se da lugar un sinnúmero de vías metabólicas y otras funciones bioquímicas, donde los genes producen miles de productos, muchos en alta abundancia. Previos estudios en la substitución de proteína animal por ingredientes vegetales, muestran un incremento en la actividad enzimática complicando la metabolización de aminoácidos. Alimentos sustitos (proteína vegetal) para trucha arco iris, afectan directamente a funciones primarias como la reducción del potencial de mantenimiento y generación de energía. Esto implica altas demandas de energía en las dietas alimenticias (Oddur et al., 2004). En este estudio, fue posible detectar mayor actividad en el hígado de trucha arco iris, con dietas alimenticias en base a Quinua (20,25 y 30% de inclusión) y Amaranto (25 y 30%), encontrándose durante dichos tratamientos mayor cantidad de vacuolas de glucógeno en espacios inter y centrolobulillares (Fig. 3). Se determinó diferencias en la muestra testigo o control (Fig. 2) con menor cantidad de vacuolas de glucógeno, cuya presencia es asociada a la hiperfuncionabilidad del hígado en procesos de digestión de grasas y factores antinutricionales. Cabe señalar que para cada control y tratamiento se realizó tres coloraciones diferentes, sin embargo en las figuras 2 y 3 únicamente presentamos dos ejemplos representativos del tipo de coloración empleado,

observándose semejanzas estructurales del tejido en estudio. Estudios morfofuncionales mediante técnicas de anatomía microscópica utiliza un tipo de coloración directa la cual tiene gran afinidad entre el colorante y objeto. La hematoxilina es oxidada al aire por aproximadamente 3 meses, caso contrario deben utilizarse oxidantes químicos (óxido de mercurio, permanganato de potasio o dicromato potásico) (Aimale, M. & Gatti. 2003). Si bien este tipo de coloración es selectiva, también genera un incremento en costos, los cuales con una coloración pancrómica podrían ser minimizados siempre que el caso en estudio lo permita. Por tal motivo se debe tener en cuenta el tipo de análisis a fin de optimizar tiempo y reactivos. Al realizar comparaciones se recomienda utilizar un mismo método de tinción. (Martínez, 2002).

De esta manera, los protocolos utilizados en el Prado permiten visualizar un comportamiento normal en los tratamientos con Amaranto al 20% y Control, tanto a nivel sanguíneo como histológico.

Bibliografía

1. Aimale, M. & J.Gatti. 2003. Introducción A Las Técnicas Histológicas en Anátomo-Histología. Universidad Nacional del Sur -- Argentina. Website: www.anatomohistologia.uns.edu.ar/. Consultado enero 2006.
2. Bullock, F. 1978. Fórmula de hematoxilina y Tinción con hematoxilina y eosina para histología general en Manual de Métodos Parasitológicos e Histopatológicos en Piscicultura. Website: www.fao.org/docrep/field/003/AC566S/AC566S00.htm consultado enero 2006.
3. Conroy, G. 1987. Manual de métodos de diagnóstico en ictiopatología, con especial referencia a los salmónidos. FAO. FI: GCP/RLA/075/ITA. Documento de Campo 4 (Es) 6.5.2 Hemoglobinometría.
4. Cuellar, L. 2003. Acuicultura e ictiopatología. En: http://cnveterinario.es/presentacion/documentos/libro/CUELLAR_CARRASCO.pdf
5. Fernández, A.; Blande Blas, I. & I., Ruiz. 1999. El sistema inmune de los teleósteos: Células y órganos. Laboratorio de Ictiopatología Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza c/ Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza (España).

6. Flores, A. 2006. Introducción a la Técnica Histológica Website:www.monografias.com/trabajos11/intecnic/intecnic.shtml Consultado enero 2006
7. Geneser, F. 1993. Histología. 2ª edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires – Argentina 768 pp.
8. Greck O.; Rodríguez M., Urquiola E. 2005. Sustitución del óxido de mercurio por el permanganato de potasio, para la coloración de exámenes microscópicos en: Manual de procedimientos técnicos en tiempos difíciles para Anatomía Patológica. XV Forum de Ciencia y Técnica. Cuba. 109 pp.
9. Hidrovo, J. 2005. CENIAC (Centro Nacional de Investigaciones Acuícolas). MICIP. Ecuador (datos no publicados).
10. Lagler, K; Bardach, J.; Millar, R.& D., May Passino.1984. Ictiología. Agteditor S.A. 1a Edición. Pp: 263 -275
11. Martínez, M.I. 2002. Técnicas básicas de anatomía microscópica y de morfometría para estudiar los Insectos. Instituto de Ecología, A.C. Departamento de Ecología y Comportamiento Animal. Bol. S.E.A., nº 30, México. Pp. 187-195.
12. Oddur, T. ;Vilhelmsson, S ; Martin, F ; Medale, S; Kaushik, F.& F. Dominic. 2004. Dietary plant-protein substitution affects hepatic metabolism in rainbow. British Journal of Nutrition, 92, 71–80.
13. Ortiz, J.; Falconí, R. & M. Luna. 2005. Evaluación y validación de amaranto (*Amaranthus caudatus*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) como reemplazantes de harina de pescado en dietas para crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Revista Ciencia. V8, 2:63,70.
14. Pund, R. 2001. The application of hematological methods to fish blood and the impact of endogenous and environmental factors on the blood composition of brown trouts (*Salmo trutta* f. *Fario*). Fachbereich Veterinärmedizin, Freie Universität Berlin. Disponible en: <http://www.diss.fuberlin.de/1998/76/indexe.html>
15. Sanz, M.; Martínez-Alvarez.; Hidalgo,J.; Domezain,I.; Morales, G.& G. García. 2003. Constantes eritrocitarias en peces de cultivo intensivo en agua dulce. Estudio comparado. Dpto. Biología Animal y Ecología. Univ. De Granada. Campus “Fuentenueva” 18071 Granada. España.; I+D

Piscifactoría "Sierra Nevada". Riofrío (Granada).trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 92, 71-80.

16. Valenzuela, A.; Alveal, K.& E. TarifenoARIFENO. 2002. Respuestas hematológicas de truchas (*oncorhynchus mykiss*) a estress hipóxico agudo: Serie roja. *Gayana (Concepc)*. Vol.66, no.2 [citado 05 Enero 2006], p.255-261. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0717-65382002000200024&lng=es&nrm=iso . ISSN 0717-6538.



Publicaciones Científicas



ISBN: 978-9978-301-53-1



9 789978 301531