

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERIA



**INFLUENCIA DE DOS MARCAS COMERCIALES DE
ALIMENTO EN EL CRECIMIENTO Y PIGMENTACIÓN
MUSCULAR DE LA TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)
EN ESTANQUES**

**Trabajo Monográfico para la
Obtención del Título de:**

INGENIERO PESQUERO

Presentado por

MARIO JESUS EGUIA CANCHANYA

Lima – Perú

2017

A mi amada familia por la comprensión, atención, el cariño y el apoyo brindado todo el tiempo.

AGRADECIMIENTO

- A mi asesor M. Sc. Fernando Galecio, por el apoyo incondicional, la amistad y la demostración de rectitud y sabiduría en todo lo que se hace.
- A mi madre María Esther Canchanya Aliaga, por su amor infinito.
- A mi Padre Mariano Dionicio Eguia Pariona, por su apoyo incondicional en todo momento.
- A mi esposa Lucy Yanira Llacta Matos, por su comprensión y atención.
- A mis amigos; Gianfranco Costa, Bruno Arroyo, Diego Herrera, Edwin Oliveros, David Lujan y Andrés Campbell por la motivación y empuje en cada conversación.

INDICE

INDICE	6
I. RESUMEN.....	7
II. INTRODUCCIÓN	8
III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	10
3.1. CARACTERISTICAS DE LA SALMONICULTURA.....	10
3.1.1. Pigmentación de la carne en los salmones	10
3.1.2. Medición del color en los salmónidos.....	18
3.1.3. Importancia del color para el consumidor y pigmentación para el salmón	20
3.2. CULTIVO DE TRUCHA EN EL PERU	21
3.2.1. Parámetros generales del cultivo de la trucha arcoíris	21
3.2.2. Parámetros fundamentales para el cultivo de trucha arcoíris	23
3.2.2.1. Oxígeno	23
3.2.2.2. Temperatura	24
3.2.2.3. pH.....	24
3.2.2.4. Turbidez	25
3.2.2.5. Amonio.....	25
3.2.3 Manejo del alevín.....	26
3.2.3.1 Alimentación de alevines	26
3.2.4 Manejo del engorde.....	27
3.3 ALIMENTACIÓN	27
3.3.1 Calidad del alimento.....	27
3.3.2 Selección del alimento y Alimentación de los peces.....	28
3.3.3 Tasa de alimentación.....	28
3.3.4 Frecuencia de alimentación.....	29
3.3.5 Recepción, almacenamiento y manejo del alimento	29
3.3.6 Distribución y administración del alimento	30
IV. DESARROLLO DEL TEMA	31
4.1. MATERIAL Y MÉTODO	31
4.2. RESULTADOS	38
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	49
VII. BIBLIOGRAFIA.....	50

I. RESUMEN

La experiencia se realizó en las instalaciones de la planta acuícola de la empresa Piscifactoría Peña S.A.C. ubicado en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca, distrito de Chiche; utilizando 3 estanques por cada tipo de alimento y por marca.

La presente monografía, compara el efecto de la pigmentación de dos marcas de alimentos en el músculo de la trucha arco iris, los cuales presentan en su composición astaxantina sintética (carofil rosa). Asimismo, se compara la velocidad de crecimiento en las diferentes etapas del ciclo productivo; juvenil (40g a 90g), engorde (90g a 120g) y comercial (120g a 250g).

Las marcas comerciales evaluadas fueron Nicovita (denominada alimento A) con concentración 70 ppm de astaxantina y Naltech (denominada alimento B) con concentración 66 ppm de astaxantina. Los resultados para el alimento A, categoría crecimiento II tuvo una tasa de crecimiento 0.5586; alimento B, categoría crecimiento II tuvo una tasa de crecimiento 0.5537. De la misma manera, el nivel de pigmentación para 100g tuvo como resultado superior al alimento A (24.815) respecto al alimento B (24.665).

II. INTRODUCCIÓN

Un importante elemento de comercialización de la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es el impacto visual dado por la coloración rosa intenso de su carne. Para proveer de este color se ha incluido en la dieta pigmentos sintéticos, los cuales son productos de importación, costosos y hasta el momento la única fuente disponible para pigmentar (Fauré, 1980).

Es un hecho conocido que las truchas en régimen de cautividad son animales con una jerarquía social. Los dominantes están en un lugar del estanque donde las condiciones hidrológicas son las mejores. El piscicultor puede visualizar este comportamiento cuando está alimentando manualmente de manera homogénea todo el estanque.

El alimento, en el cultivo intensivo de truchas, representa generalmente más de la mitad de los costos de producción. (Troutlodge, 2010). Es la principal consecuencia de este sistema de producción que requiere la ración necesaria para el crecimiento y el desarrollo de las truchas. Sin embargo, es posible reducir los costos económicos del alimento gracias a un mejor dominio de los parámetros fisicoquímicos de cultivo que influyen en el factor de conversión alimenticia siendo los más importantes; la temperatura del agua en ligadura con la concentración del oxígeno disuelto y de amoníaco, el pH, la turbidez y la salinidad del agua, la salud de los peces, la frecuencia y la cantidad del alimento (Fauré, 1980).

Las truchas siendo peces poiquiloterms dependen totalmente de la temperatura del agua. En un cultivo industrial, la temperatura estándar ambiental más adecuada para la especie es de 15°C y cada grado centígrado por debajo de este, disminuye el índice de crecimiento en 8,25% (Haskell, 1955 Kennedy y Mihursky, 1967). Si la temperatura del agua rebasa 17°C, las truchas utilizan toda su energía para afrontar el calor; la eficacia del alimento se vuelve nula. Además, la temperatura del agua condiciona la concentración de oxígeno disuelto y la concentración de productos metabólicos (amoníaco) tóxicos para los peces.

Un agua fría tiene una mejor capacidad de contener una concentración elevada de oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto es indispensable para el metabolismo de las truchas arco iris y lo consumen gracias a sus branquias. A una concentración de 5 mg/l la trucha no se

alimentan (Cameron y Davis, 1970).

Varios autores han mostrado que el crecimiento es más rápido cuando las raciones están repartidas en diferentes momentos del día; esto es verdad sobre todo por los juveniles (Fauré, 1980).

El objetivo del presente trabajo es comparar la eficiencia de dos marcas de alimentos comerciales a través de la velocidad de crecimiento y la pigmentación de la carne de la trucha arco-iris criadas en las mismas condiciones fisicoquímicas, con un solo parámetro que varía; la marca de alimento. Igualmente será evaluada el factor de conversión, la tasa de crecimiento y la tasa específica de crecimiento. El objetivo final de la prueba es saber si es rentable, económicamente, cambiar el alimento por otro; haciendo un análisis de los costos de producción.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1. CARACTERISTICAS DE LA SALMONICULTURA

La forma como se ha ido desarrollando la salmonicultura, ha sido sin precedentes, debido básicamente, a su dinamismo y asociatividad presente en la industria. La salmonicultura ha sido uno de los principales motores del sostenido y exitoso crecimiento exportador de los últimos años a nivel mundial. Siendo el más representativo de América del Sur Chile. El sustento de esta gran industria ha sido la utilización de alimentos pigmentados.

Los peces que tienen importancia como alimento para el hombre presentan variadas diferencias. Estas van desde su composición química, que son la base de su aporte de nutrientes y palatabilidad, hasta aspectos que tienen relación con su apariencia física y el color de su carne, los que generan una mayor o menor aceptación por el consumidor. En general, todas estas diferencias están determinadas por las características genéticas de la especie. Indudablemente que los aspectos relacionados con el aporte nutritivo de los peces, como son su contenido en proteínas de excelente calidad y de ácidos grasos poli-insaturados lo hacen atractivo para el consumidor y constituyen el factor determinante de su explotación tanto en extracción en forma artesanal e industrial como en condiciones de cultivo intensivo (FAO, 2014).

3.1.1. Pigmentación de la carne en los salmones

Según Muñoz, S. (2010) los salmónidos se "pigmentan" porque tienen genéticamente la capacidad de almacenar pigmentos en el músculo, en la piel y también en los ovocitos. Otros animales también los usan para "colorearse", especialmente pájaros y una gran variedad de animales invertebrados. Los pigmentos que le confieren el color a la carne de los salmones se identifican en el grupo de los carotenoides. Estos compuestos son familiares a través del color naranja-rojizo de alimentos como naranjas, tomates, zanahorias, al color amarillo de muchas flores. También se agregan como colorantes a muchos alimentos manufacturados, bebidas y alimentos para

animales, ya sea en forma de extractos naturales o como compuestos puros obtenidos por síntesis química. Los carotenoides son propios de las plantas que fotosintetizan, pero también se encuentran ampliamente distribuidos en bacteria, hongos, algas (*Haematococcus pluvialis*), levaduras (*Phaffia rhodozyma*), micro crustáceos constituyentes del plancton y otros crustáceos como el krill, estos últimos lo obtienen de las microalgas, que son su principal alimento.

Los salmónidos no tienen la capacidad de sintetizar carotenoides por sí mismo y por lo tanto son absolutamente dependientes de la dieta para lograr la pigmentación normal que le conocemos, el característico color rosado-naranja. La ausencia de pigmento en la dieta de salmones y truchas en cautiverio daría como resultado un músculo pálido, sin color y por lo tanto poco atractivo para el consumidor, razón por la cual ellos deben ser agregados al alimento que se les proporciona (Muñoz S., 2010).

Los pigmentos carotenoides representan un amplio grupo de pigmentos polienicos, los cuales varían en coloraciones del amarillo al rojo pasando por el naranja. Los carotenoides encontrados en salmónidos corresponden básicamente a astaxantina (3.3'-dihidroxi 4.4'-diceto- β -caroteno) y cantaxantina (4.4'-diceto- β -caroteno) (Steven, 1948 op. cit). También es posible encontrar, aunque en menores concentraciones tisulares, adenorrubina, zeaxantina, luteína y otros compuestos carotenoides (Hata y Hata, 1973).

Dada la importancia comercial de la coloración de la trucha, se han realizado diversas investigaciones sobre pigmentación, evaluando los factores que la afectan, así como las diferentes fuentes de carotenoides. Entre los productos utilizados se ha recurrido a fuentes naturales de carotenoides, como crustáceos o desechos de procesamiento de estos, vegetales, algas y levaduras, con resultados variables (Torrissen et al., 1989), y fuentes artificiales de pigmentos, de los cuales sólo existen el Carophyll red 10% (cantaxantina sintética) y "Carophyll pink" 8% (astaxantina sintética).

Estos pigmentos sintéticos son marcas registradas de F. Hoffmann La Roche y Co. Suiza. La coloración rosada de los salmónidos está dada por la presencia de carotenoides oxigenados en su tejido muscular (André, 1926), principalmente

astaxantina y en forma menos abundante cantaxantina, aunque también se pueden encontrar pequeñas cantidades de otros carotenoides como zeaxantina, luteína y capsantina (Meyers. 1986).

Se ha identificado la presencia de alrededor de 20 carotenoides en salmones, entre los cuales predomina la astaxantina, constituyéndose en el principal pigmento responsable del color en condiciones de vida silvestre de estos peces y lo obtienen del krill, crustáceos planctónicos y peces pequeños que constituyen normalmente parte de su dieta. En condiciones de cultivo, se ha probado la efectividad de varios carotenoides y sustancias que los contienen como agentes pigmentantes, con énfasis en astaxantina y cantaxantina sintética y es común que se usen ambas, en diferentes proporciones. El costo de suplementar las dietas con carotenoides, especialmente sintéticos, ha llevado a investigar sobre los factores que afectan la pigmentación como son: la especie, el tamaño, la edad, la dieta, fuente de carotenoides y la tasa de suplementación, de tal manera de minimizar el efecto sobre el costo de la dieta, el cual fácilmente bordea el 20 %. Por otra parte, se han encontrado factores genéticos aditivos que afectan el color dentro de poblaciones en cultivo de salmón del Atlántico, trucha arcoíris y salmón coho (Muñoz S., 2010).

Hardy y Torrissen, (1987, op. cit.) definieron que la astaxantina se absorbe principalmente en la parte posterior del intestino, mientras que Osborne et al., (1982) determinaron que la absorción de carotenoides en pollos, otra especie animal en la que se realiza la pigmentación por carotenoides, no se relaciona con la absorción de lípidos, concluyendo que hay procesos específicos de absorción de carotenoides, en lo que concuerdan con Bjerkeng et al., (1990) al plantear que la astaxantina y la cantaxantina se absorben por rutas diferentes. Sin embargo, Storebakken, (1992) ha planteado que al ser liposolubles, los carotenoides probablemente se emulsifican en el micelio y se absorben junto con la bilis y lípidos a nivel intestinal.

La velocidad de absorción de la cantaxantina en trucha arco iris fue determinada usando cantaxantina tritiada, por Choubert y Luquet, (1982) encontrándose su máxima concentración a las 24 horas, aunque según Hardy y Torrissen, (1987 op. cit.) es un proceso lento comparado con la absorción de nutrientes esenciales.

Aparentemente existe un factor químico en la velocidad de absorción de los carotenoides, siendo mayor en los que contienen grupos hidroxilo, tal es el caso de la astaxantina, la cual es hasta 1.7 veces más rápida de ser absorbida que la cantaxantina que no tiene estos grupos en su estructura (Hardy y Torrissen, 1987, op. cit.; Choubert y Storebakken, 1990; Christiansen et al., 1991).

Otro aspecto importante en la absorción de estos pigmentos es el grado de esterificación que contienen. En la trucha arco iris en agua dulce, como también en el salmón del Atlántico (*Salmo solar*) se observó un menor nivel de pigmentación al utilizar astaxantina esterificada como insumo pigmentante en comparación con astaxantina libre. Tanto en el plasma como en el músculo solo se encontró esta última, por lo que se deduce que la astaxantina esterificada fue hidrolizada en el tracto digestivo y absorbida en forma libre (Hardy y Torrissen, 1987, op. cit.).

Debido a que los lípidos en animales de sangre caliente son transportados por lipoproteínas de muy alta densidad (VHDL), pasando la sangre venosa por el hígado mientras que la linfa se drena al conducto torácico, la astaxantina y la cantaxantina en salmónidos son transportadas en la sangre unidos covalentemente a lipoproteínas (Kitahara, 1983; Choubert et al., 1991). Estos investigadores también concluyen que la principal portadora de carotenoides es una lipoproteína de alta densidad (HDL). Kitahara (1983, op. cit) también describe el transporte de carotenoides, principalmente astaxantina, por la vitelogenina desde el músculo o tracto gastrointestinal hasta los ovarios. Una vez en las ovas los pigmentos se unen a la lipovitelina de la yema del huevo o se encuentran en forma libre o como ásteres en solución en la fracción lipídica (Miki et al., 1982).

Estas variaciones genéticas en el color de los salmónidos sugieren la factibilidad de seleccionar en esta dirección. En cuanto a la especie, hay antecedentes que señalan que la trucha arco iris utiliza los carotenoides dietarios más eficientemente que el salmón del Atlántico y la trucha de mar; lo que significa que se puede producir una trucha con color satisfactorio para el mercado en corto tiempo. Truchas de más de 1,5 kg. pueden alcanzar valores de 20-25 mg/kg. de astaxantina en la carne, niveles semejantes a los

encontrados en salmón coho silvestre. Todavía no se ha encontrado una razón metabólica que explique las diferencias en la habilidad innata de los salmónidos para utilizar los carotenoides de la dieta. Respecto a la dieta, los valores observados para el coeficiente de digestibilidad, expresado como la diferencia entre los carotenoides ingeridos y excretados, fluctúa entre un 40 a 60%, mientras que la capacidad de retención, definida como la proporción de lo ingerido que es retenido en la carne o en el cuerpo como un todo, se estima entre un 4 a 20% (Muñoz S., 2010).

La retención de carotenoides está influenciada positivamente por el contenido de lípidos en la dieta; esto significa que el coeficiente de digestibilidad aparente de la astaxantina y cantaxantina, es decir el aprovechamiento o absorción, aumenta con el contenido de lípidos de la dieta lo que da como resultado niveles más altos de carotenoides en la carne. También se ha observado que el tipo de lípidos y su digestibilidad afecta la concentración de carotenoides en la carne; las grasas saturadas reducen la digestibilidad de los carotenoides y por lo tanto su incorporación en la carne. Algunos autores señalan que niveles altos de vitamina E en la dieta afectaría positivamente el depósito de astaxantina en el músculo, sin embargo, aún no hay consenso al respecto. La astaxantina libre es utilizada más eficientemente que la cantaxantina, siendo el coeficiente de retención entre 1,3 y 1,5 veces mayor para la primera, en parte esto se explica por diferencias en la digestibilidad y a que la astaxantina se une más fuertemente que cantaxantina a la actomiosina en el músculo. También le da a la carne un color más rojizo que la cantaxantina a niveles comparables de concentración de carotenoides en carne (Muñoz S., 2010).

Los salmónidos son incapaces de sintetizar astaxantina a partir de luteína, zeaxantina, 6-caroteno o cantaxantina en la dieta, pero pueden depositar luteína y cantaxantina sin modificación en su tejido muscular (Meyers, 1986, op. cit). Por otra parte, algunas especies (*Oncorhynchus* y *Salmo*) son capaces de depositar astaxantina sin modificarla y otras (*Salvelinus*) metabolizan a nivel muscular la astaxantina a zeaxantina y luteína por lo que no pueden alcanzar el típico color rosado (Ando et al., 1988). En el caso de la trucha arcoiris es posible que la astaxantina se transforme a vitaminas A1 y A2, si estos nutrientes no están en la dieta (No y Storebakken, 1992).

Se ha demostrado que la cantaxantina se deposita en el músculo blanco de la trucha arcoiris, mientras que en el músculo oscuro no se ha determinado el depósito de carotenoides. Esto se puede atribuir a la composición desigual de la actomiosina en los dos tipos de músculo o a las diferencias fisiológicas entre ellos (No y Storebakken, 1992, op. cit).

La intensidad de la pigmentación se relaciona con la cantidad de pigmento retenido en el músculo, la cual varía de acuerdo a factores fisiológicos o nutricionales, variando el porcentaje de retención entre, 1 y 18% para salmónidos (Hardy y Torrissen, 1987, op. cit.).

La presencia de pigmentos carotenoides tanto en el animal vivo como después de la muerte, representa diferentes funciones en el metabolismo de los procesos bioquímicos, además de las características de atractivo visual del alimento, lo que hace a estos pigmentos de gran importancia desde el punto de vista comercial. Choubert (1986) reporta que los carotenoides oxigenados desempeñan un papel muy importante en los procesos reproductivos de los salmónidos, habiéndose estudiado sus efectos sobre la maduración y fertilización de los óvulos, la fotosensibilidad de las ovas y el desarrollo embrionario. Karashige et al., (1990) fundamentan este efecto en el carácter antioxidante de los pigmentos, los cuales protegen a las membranas biológicas de posibles oxidaciones a través de la peroxidación de los lípidos mitocondriales. Otros efectos in vivo de los pigmentos carotenoides son la síntesis de vitamina A en el intestino de peces que no reciben este nutriente en su dieta (Abdulrahman y Kenneth, 1988) y como promotor del crecimiento (No y Storebakken, 1991, op. cit.).

Se ha descrito la acción antioxidante de los pigmentos carotenoides, debido a su carácter reductor. En apariencia existe un efecto complementario de la vitamina E al actuar a nivel tisular en zonas de bajas presiones de oxígeno, mientras que la vitamina E actúa eficientemente en zonas con altas concentraciones de oxígeno (Sigurgisladottir et al., 1994). Además de la presencia de oxígeno, afectan en la oxidación de pigmentos la luz ultravioleta, mientras que para la oxidación de lípidos el principal factor es la disponibilidad de oxígeno (Christophersen et al., 1992), sin embargo, no se descarta la posibilidad de una oxidación acoplada pigmento-lípido, lo que hace necesario, en

algunos casos la adición de antioxidantes (Chen y Meyers, 1984).

La estabilidad de la pigmentación también se ve alterada por el proceso de cocción, disminuyendo su luminosidad y su tonalidad rojiza, siendo este hecho más obvio en peces alimentados con cantaxantina que en los alimentados con astaxantina (Skrede y Storebakken, 1986; Skrede et al., 1989; 1990).

Finalmente, y en relación a su aceptación como alimento, Josephson et al., (1981) identificaron componentes de sabor en salmón, concluyendo que son derivados de astaxantina, a través de la modulación de la transformación de ácidos grasos responsables del sabor característico de salmón cocido. En las plantas superiores la presencia de carotenoides tales como luteína, caroteno, flavoxantina, violaxantina y licopeno han sido reportados en cinco especies de flores del género *Adonis*, tales como: *A. aestivalis*, *A. annua*, *A. fíammeus*, *A. turkestanica* y *Viola tricolor*. La primera especie ha sido empleada en la pigmentación de trucha arcoiris, aunque se corre el riesgo de una alta mortalidad debido a la presencia de glucósidos tóxicos. (Kamata, 1985) Torrissen et al., (1989) reportaron la utilización en trucha arcoiris de las plantas *Hyppophae rhamoides* (luteína, zeaxantina, violaxantina, pero principalmente, carotenos), *Tagetes erecta* (principalmente luteína) y *Cucúrbita marica* (zeaxantina y luteína), sin embargo, estos investigadores concluyen que estas plantas tendrían sólo un pequeño potencial de utilización como pigmentantes, en dietas balanceadas de uso comercial.

Lee et al., (1978) utilizó en la dieta de trucha arcoiris extractos de flores de *Tagetes erecta* y *Cucúrbita máxima marica* en concentraciones de 10 % durante ocho semanas y encontró que usando *Tagetes erecta* se obtuvo un color amarillo y con el segundo se tuvieron pocos resultados con respecto al testigo.

Por otro lado, Hannasch y Nelson (1990) al utilizar el extracto saponificado del pimentón rojo o paprika (principalmente capsantina y capsorrubina) como fuentes de pigmentación para trucha arcoiris y salmón Atlántico, han demostrado que este extracto tiene el potencial de reemplazar un 50% de la astaxantina utilizada en la formulación de dietas prácticas. Por lo tanto, concluyen, que el extracto de paprika se

perfila como una buena fuente complementaria de pigmentación para la salmonicultura comercial.

Peterson et al., (1966), utilizó extractos de paprika (pimentón rojo), pétalos de maravilla y G-caroteno puro, incorporándolos en el alimento de trucha arcoiris y trucha café (*Salvelinus fontinalis*) durante ocho semanas, encontrando que paprika genera un color amarillo no deseable en la piel. Dichos extractos fueron depositados sin modificaciones en ambas especies.

Para lograr la pigmentación adecuada, las sustancias empleadas deben tener las características de tamaño, palatabilidad y digestibilidad, para que puedan ser consumidas por los animales y posteriormente asimiladas y finalmente depositados en los tejidos. Los pigmentos que cumplen con estas características, son los carotenoides, y de estos, los que más comúnmente se utilizan, son las xantofilas, mismas que se encuentran contenidas en una gran variedad de productos naturales. Sin embargo, los carotenoides que han acaparado la demanda son sintéticos, teniendo una efectividad tan alta como su costo.

Las fuentes primarias de los pigmentos son naturales y en el mercado nacional existen extractos pigmentantes, como la oleoresina de la flor de campasúchil y el chile (pimentón rojo), que contienen carotenoides tanto esterificados como libres (oleoresinas no saponificadas y saponificadas, respectivamente). Las cuales actualmente se utilizan con éxito en la industria avícola, y no presentan problemas de disponibilidad.

En cuanto a la conservación, los dos carotenoides tienen una estabilidad comparable durante el almacenamiento de productos congelados; se ha informado de pérdidas cercanas al 5% de ellos en filetes envasados al vacío y guardados a - 20° C durante seis meses. Ambos carotenoides pueden ser metabolizados a vitamina A en el pez, sin embargo, estudios in vitro, han demostrado que esta transformación no ocurre cuando la dieta se suplementa adecuadamente con vitamina A (Muñoz S., 2010).

La concentración de pigmentos en la dieta genera respuestas distintas dependiendo de la especie, ya que la retención del pigmento es diferente; es más alta en salmón coho que en salmón del Atlántico, mientras que en trucha la retención es baja al inicio, cuando es pequeña, y aumenta con la edad y el tamaño llegando a tasas semejantes a las observadas en salmón coho. La falta de respuesta ante niveles superiores a 50 mg/kg de astaxantina en dietas para trucha arcoíris, se relaciona con la disminución de la digestibilidad observada cuando se aumentan los niveles de pigmento en la dieta. Una excepción ocurre en hembras maduras sexualmente, donde se ha observado una menor tasa de despigmentación cuando se concentran los carotenoides en la dieta, ya que con la madurez sexual los carotenoides son transferidos desde el músculo hacia la piel y las gónadas. Una trucha inmadura es capaz de acumular alrededor de un 10% del total de carotenoides en la piel, encontrándose principalmente en la banda rosada a lo largo de la línea lateral. Durante la maduración sexual una proporción considerable de los carotenoides son transportados hacia los ovocitos, lo cual tiene como consecuencia una despigmentación importante del músculo, especialmente en especies que dejan de comer uno o dos meses previo al desove, como es el caso del salmón coho (Muñoz S., 2010).

3.1.2. Medición del color en los salmónidos

El color es un atributo sensorial, subjetivo, de gran importancia en la aceptación de un alimento. Es un hecho que el consumidor espera que los alimentos, ya sean naturales o formulados, tengan el color que "la naturaleza" les dio. Como ejemplo, el jugo de naranja debe ser "naranja", los tomates y jugo de tomate deben ser rojos, y por supuesto el salmón debe ser color "rosado-naranja", por lo tanto, se tenderá a rechazar los alimentos coloreados en forma inadecuada o que tengan un color que se considere inaceptable de acuerdo a lo que se conoce. Los métodos comúnmente usados para determinar el grado de pigmentación de la carne se dividen en dos grupos: análisis químico para la cuantificación de los pigmentos en la carne y métodos basados en la estimación del color. Para la cuantificación de los pigmentos se extraen éstos del músculo con solventes, posteriormente se identifican a través de H.P.L.C. (*High Performance Liquid Chromatography*) y se cuantifican. También se usa actualmente el método N.I.R.S. (*Near Infrared Reflectance System*) para medir la concentración de

astaxantina en músculo y en ovas (Muñoz S., 2010).

La coloración en el pez, aunque depende de los pigmentos retenidos por el tejido muscular, no guarda una relación directa con la concentración muscular de los carotenoides. A niveles bajos de carotenoides la asociación es lineal entre la intensidad de pigmentación y la concentración muscular, sin embargo, si la concentración se encuentra entre 6 y 8 mg/kg, la relación se pierde debido a que la percepción visual no es suficientemente sensible para detectar la diferencia (Hardy y Torrissen, 1987). Otro elemento que influye sobre esta relación es la presencia de grasa intermuscular despigmentada que, si se encuentra en altas cantidades, puede enmascarar la pigmentación visual de la carne. Sinnott (1989 op. cit.) planteó que un ayuno prolongado previo a la cosecha movilizaría a estas grasas, de tal forma que se lograría un mejor nivel de pigmentación del producto.

Para estimar el color existen básicamente dos métodos: uno está basado en la comparación del color del filete o del "*steak*" (éste último corresponde a un corte transversal al nivel de la aleta dorsal, cuyo ancho varía dependiendo del tamaño del pescado) con la carta de colores o con el abanico colorimétrico de Roche; el otro está basado en la medición de la intensidad del color usando métodos instrumentales. La carta tiene una gama de colores de 11 a 18, fue creada basada en salmón del Atlántico y va desde el rosado pálido hasta rojo intenso; el color ideal depende de la especie y del mercado importador, fluctúa entre 14 y 16, siendo el valor menor para salmón del Atlántico y el mayor para trucha. El abanico colorimétrico (Roche SalmoFan) reemplaza a la carta, tiene una gama más amplia de colores que va desde el 20 al 34 (Muñoz S., 2010).

Dependiendo de la especie y del mercado varía la preferencia del consumidor, pero el color ideal está alrededor de 30 a 33. Se ha observado que hay una relación directa entre el color del músculo medido visualmente y la concentración de astaxantina hasta un cierto nivel que corresponde más o menos a 6 - 7 mg/kg. El ojo humano tiene una capacidad limitada para distinguir diferencias en el color de la carne con concentraciones superiores a éstas. La estimación del color por este método es el comúnmente usado en la industria, la principal razón es su costo, comparado con

métodos instrumentales, y lo fácil de usar. Un punto importante a considerar cuando se usa este método es la estandarización de las condiciones bajo las cuales se compara el color con la carta o el abanico, porque el medio ambiente puede modificar la percepción del color. Para evitar esto se han diseñado "cajas de luz", las cuales tienen una dimensión, un color y una intensidad de luz determinada. Los métodos instrumentales para medir color están basados en medidas de reflectancia y se usan preferentemente cuando se necesita información más objetiva, especialmente en investigación, teniendo un costo bastante más alto. La colorimetría medida por instrumento es una metodología que permite especificar la sensación de color en unidades matemáticas, localizando un punto en un espacio tridimensional. El color puede ser evaluado usando diferentes métodos, pero el más usual en salmones es el sistema "L a b" (Commission Internationale de l'Eclairage, 1976). El color aquí está caracterizado por tres parámetros: la luminosidad (L), la cromaticidad roja/verde (a^*) y la cromaticidad amarilla/azul (b^*): a mayor valor de a^* más rojo tiene la muestra (Muñoz S., 2010).

3.1.3. Importancia del color para el consumidor y pigmentación para el salmón

El diseño de una estrategia de pigmentación debe considerar al menos los siguientes factores: pérdidas de pigmento durante la elaboración y almacenaje de las dietas; porcentajes de retención de pigmentos por especie; curva de crecimiento; demanda de color por el mercado (Hardy et al., 1994). Además, tipo de producto comercializado; condiciones y extensión del almacenamiento de los productos; procesos posteriores (ahumado, salado) (Laboratorio Roche©, 2000)'. Junto a lo anterior, se recomienda un programa de seguimiento de la coloración de los peces junto a la determinación de la concentración de pigmentos en el filete, para optimizar el uso de estos evitando la sobre pigmentación y reduciendo los costos. La concentración debería ser hecha al menos tres meses antes de la cosecha con el propósito de disponer del tiempo suficiente para incrementar o reducir el aporte de pigmentos, si fuese necesario (Hardy et al., 1994).

Es un hecho que los carotenoides son importantes en relación con el camuflaje y el comportamiento relacionado con la reproducción durante el cortejo, en condiciones naturales de vida silvestre. El control interno de los cambios de color es complejo, se ha demostrado que los carotenoides son constituyentes de cromatóforos y xantóforos y como tales están involucrados en la foto-respuesta del pez y por lo tanto un déficit de pigmento podría tener un efecto negativo en el comportamiento general del animal (Muñoz S., 2010).

La astaxantina es movilizadada desde el músculo hacia los ovarios durante el proceso de maduración sexual. Sin embargo, no se ha comprobado aún ninguna función biológica de los carotenoides en las ovas; los resultados diferentes y numerosos ensayos no señalan diferencias en el porcentaje de fertilidad, mortalidad a ova-ojo ni mortalidad entre ova-ojo a eclosión. Basado en estos resultados, no hay aún antecedentes que indiquen que la pigmentación deba ser usada como un parámetro de calidad en ovas. Sin embargo, hay información que demuestra su efecto positivo en la etapa de crecimiento y supervivencia durante primera alimentación, por lo que se debe continuar la investigación que permita aclarar el papel de la astaxantina en esta etapa (Muñoz S., 2010).

3.2. CULTIVO DE TRUCHA EN EL PERU

En el 2012 se consumían 0.6 kilos al año per cápita y en el 2015 llegó a 1.2 kilos. La producción anual de trucha llega a más de 38,400 toneladas.

En el 2015 la trucha tuvo la mayor producción entre las principales especies de la acuicultura con 38,440 toneladas métricas TM, seguida por el langostino con 32,427 TM y por las conchas de abanico 16,075 TM (PRODUCE, 2016).

3.2.1. Parámetros generales del cultivo de la trucha arcoíris

Recurso Hídrico: El cuerpo de agua a utilizar, debe poseer características adecuadas en cuanto a su cantidad (caudal) y calidad (factores físico – químicos y biológicos).

Las propiedades físicas, como temperatura, pH, oxígeno, transparencia, turbidez, etc, pueden estar sometidas a variaciones bruscas por la influencia de factores externos, fundamentalmente a cambios atmosféricos y climáticos. Las propiedades químicas, sin embargo son mucho más estables y sus variaciones son mínimas, salvo casos excepcionales en los que una contaminación pueda producir efectos irreversibles. La calidad del agua desde el punto de vista biológico, está condicionada a la ausencia o presencia de organismos vivos en el ecosistema acuático, así como a la mayor o menor presencia de agentes patógenos (FAO, 2014).

Terreno: Se debe asegurar una extensión de terreno suficiente, de preferencia de consistencia arcillosa, a fin de evitar filtraciones y pérdidas de agua. El terreno debe estar ubicado cerca al recurso hídrico y tener una pendiente topográfica moderada, entre 2 a 3 % (FAO, 2014).

Algunas propiedades físicas y químicas de un cuerpo de agua para la Truchicultura se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros generales fisicoquímicos en el cultivo de trucha.

Parámetros	Valores
Rango optimo temperatura del agua:	10 – 16°C
Oxígeno Disuelto:	6,5 – 9 ppm
PH:	6,5 – 8,5
CO2:	< 7ppm
Alcalinidad:	20 – 200 mg/l CaCO3
Dureza:	60 – 300 mg/l CaCO3
NH3:	No mayor de 0,02 mg/l
H2S:	Máximo aceptado de 0,002 mg/l
Nitratos:	No mayor de 100 mg/l
Nitritos:	No mayor de 0,055 mg/l
Nitrógeno amoniacal:	No mayor de 0,012 mg/l
Fosfatos:	Mayores de 500 mg/l

Sulfatos:	Mayor de 45 mg/l
Fierro:	Menores de 0,1 mg/l
Cobre:	Menores de 0.05 mg/l
Plomo:	0,03mg/l
Mercurio:	0,05mg/l

FUENTE: FAO, 2014.

3.2.2. Parámetros fundamentales para el cultivo de trucha arcoíris

La calidad del agua es fundamental en un criadero de truchas, pues es el medio donde los peces se desarrollarán, así que conocer y mantener los parámetros del agua como: temperatura, oxígeno, turbidez, pH y amonio, es de suma importancia para que el criadero tenga una buena producción acuícola, y que las truchas cosechadas de nuestra granja sean de las características deseadas. La empresa debe contar con un procedimiento y registro de Monitoreo de la Calidad de Agua realizada cada 3 meses (De la Oliva, 2011).

3.2.2.1.Oxígeno

En la acuicultura, el cultivo de la trucha arco iris es una de las prácticas que demandan mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua. En la truchicultura (cultivo de trucha) se estima que los peces en crecimiento deben de tener continuamente tasas mínimas de oxígeno de 5 a 5.5 mg/l (miligramos/litro), mientras que los huevos y alevines son más exigentes, demandando de 6 a 7 mg/l. Con cifras muy inferiores a las mencionadas, las truchas presentan dificultades para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de sus branquias (De la Oliva, 2011).

Existen diversos factores físicos, químicos y biológicos que determinan la cantidad de oxígeno presente en el agua. Uno de los factores más importantes es la temperatura, ya que cuanto más alta sea, menor será la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y mayor la exigencia de oxígeno de las truchas. Este aspecto es muy importante y debe considerarse sobre todo en la época de secas, puesto que la temperatura ambiental

incrementa y la disposición de agua es menor. Esto hará que el oxígeno sea insuficiente y se requerirán medidas al respecto. Entre las acciones que se pueden tomar está el disminuir la carga de los estanques, recurrir a aportes suplementarios de agua, oxigenar el agua a través de bombas de aire, y una práctica muy común dentro de las granjas de la región de la Sierra Norte que ha dado buenos resultados, es colocar un techo de maya sombra sobre los estanques para disminuir la incidencia de los rayos solares sobre el agua, y con ello evitar que la temperatura aumente bruscamente (De la Oliva, 2011).

3.2.2.2. Temperatura

La trucha arco iris al igual que las demás especies de peces, no tiene capacidad propia para regular su temperatura corporal, y ésta depende totalmente del medio acuático en que vive. La temperatura del agua tiene una incidencia directa sobre los aspectos reproductivos de las truchas, el ritmo de crecimiento de los alevines y adultos, y especialmente sobre el grado de actividad metabólica (De la Oliva, 2011).

Indirectamente como ya se mencionó con anterioridad, la temperatura del agua influye en la concentración de oxígeno disuelto en ella, la concentración de productos metabólicos (amoníaco), así como el tiempo y grado de descomposición de los materiales depositados en el fondo de los estanques. Como ya se indicó, la trucha en condiciones naturales puede vivir en aguas con temperaturas de entre 0° y 25°C; sin embargo, es necesario mencionar que en términos de cría artificial de trucha, los límites de la temperatura del agua en los cuales su crecimiento y desarrollo son los adecuados están entre los 9° y 17°C. En la etapa de alevín, la temperatura adecuada es entre 10° y 12°C, y para los juveniles en pleno crecimiento, 16°C. A pesar de que el rango de temperatura del agua en que las truchas pueden sobrevivir es amplio, a partir de temperaturas por arriba de los 21°C las concentraciones de oxígeno en el agua son muy bajas, por lo que no sería un ambiente adecuado para utilizarlo en el cultivo de trucha (De la Oliva, 2011).

3.2.2.3.pH

Conocer los valores de pH o potencial de hidrógeno es de gran importancia, debido a que los valores de pH del agua tienen efectos en el nivel de estrés de las truchas. El valor del pH viene determinado por la presencia de hidrógeno en el agua y se expresa en una escala que va de 0 a 14. Dentro de esta escala, un valor de 7 indica que el agua es neutra, un valor inferior a 7 indica que el agua es ácida y si es superior a 7 el agua se considera alcalina. Para la cría de la trucha arco iris los valores deseables del pH deben estar en un rango de 6,5 a 9, ya que son los más apropiados para la producción. Con valores inferiores a 6,5 o mayores a 9.5 la reproducción disminuye. Con un pH por debajo de 4 se presenta la muerte ácida de los peces, y por arriba de 11 la muerte alcalina (De la Oliva, 2011).

3.2.2.4.Turbidez

Como ya se ha mencionado, la trucha gusta de aguas cristalinas y puras, por lo que la turbidez del agua resulta un factor negativo en la cría de estos peces. La turbidez es causada por partículas suspendidas generalmente arrastradas desde el suelo o de la vegetación adyacente, así como de organismos planctónicos, que pueden generar una disminución en la absorción de oxígeno por parte de las truchas. En el caso de los alevines, los problemas branquiales son más notorios y pueden dar origen a infecciones, debido a que cuando las branquias de los pequeños peces son expuestas al contacto con las partículas suspendidas, se irritan fácilmente y se dificulta el paso del oxígeno a través de ellas. En términos de productividad, la turbidez causa una reducción en la tasa de crecimiento de las truchas (De la Oliva, 2011).

Este es un factor sobre el cual se debe poner especial atención en la época de lluvias, pues es cuando más partículas son arrastradas del suelo y de la vegetación, aspecto que en la Sierra Norte es muy notorio debido a su marcada topografía con pendientes pronunciadas, lo cual hace que los escurrimientos provocados por las lluvias tomen fuerza. Este fenómeno ha originado en muchas de las granjas de truchas de la región pérdidas debido a la muerte de muchos de sus organismos (De la Oliva, 2011).

3.2.2.5. Amonio

La composición química de las aguas de un criadero de truchas se puede ver afectada por el metabolismo de los mismos peces que en ellos habitan o por la degradación de la materia orgánica presente en el agua. De especial importancia es el contenido de amoníaco, pues su toxicidad y efectos sobre el organismo varían con el pH y la temperatura del agua. Los efectos tóxicos se deben esencialmente a la forma no ionizada del amoníaco, que resulta perjudicial para los peces. El pH, la temperatura y la salinidad del agua determinan la toxicidad del amoníaco no ionizado. El pH es el más importante, ya que cuando aumenta en una unidad, ocasiona el incremento de 10 veces la producción de amoníaco tóxico (De la Oliva, 2011).

Las sustancias amoniacales son producto de la excreción de los peces, de manera que hay que tener muy en cuenta la carga de peces que se tendrá por estanque, pues una alta concentración de truchas puede traer consecuencias negativas en los niveles de amoníaco presentes en el agua, que ocasionarán daños en las branquias y retardo en el crecimiento de los peces (De la Oliva, 2011).

3.2.3 Manejo del alevín

Se realizan en estanques y es recomendable que cuenten con alguna protección contra rayos solares, usando un techo de plástico, sarán o lámina de zinc. Los estanques pueden ser contruidos de bloc, concreto o de tierra excavados en el suelo. Las formas de estos estanques son variables, siendo el rectangular y el circular los diseños más usados. El tamaño de los estanques dependerá de las necesidades del productor. Sin embargo, la altura del agua en cualquiera de los dos tipos de estanques, debe estar entre 60 y 80 centímetros, teniendo en el fondo una pendiente de 2 a 3%. En cuanto a las entradas y salidas del agua, se pueden usar los mismos sistemas que se usan para estanques de engorde, como se verá más adelante. En relación con el caudal requerido para los estanques de alevines, este varía dependiendo del tamaño de los alevines y la temperatura del agua. El caudal necesario en litros por minuto para 2000 alevines de distintos tamaños y a diferentes temperaturas (FAO, 2014).

3.2.3.1 Alimentación de alevines

En el caso de los alevines que empiezan a comer se les debe de dar raciones muy pequeñas de alimento concentrado en polvo o de granulado fino con un alto nivel de proteína (44 a 50%) a cada hora, durante las ocho horas de jornada normal de trabajo, hasta que los alevines lleguen a 5 centímetros de tamaño. La alimentación en esta primera etapa es muy importante para que se fortalezcan, crezcan fuertes y que la mortalidad sea mínima (FAO, 2014).

3.2.4 Manejo del engorde

Los estanques para el engorde de las truchas son generalmente rectangulares, con la entrada de agua al lado opuesto de la salida. Cuando el agua entra al estanque, se le debe dar altura al tubo que alimenta al estanque para favorecer una caída y aumentar la oxigenación. La salida del agua del estanque debe ser por el fondo para eliminar el agua que tiene menos oxígeno y para sacar las heces y restos de alimento (FAO, 2014).

En cuanto al fondo de los estanques, debe tener un 2% de desnivel y estar limpio para facilitar el drenaje y la captura de las truchas. Los dos sistemas de salida del agua de los estanques son: Tubo con codo y tubo con camisa (FAO, 2014).

Una densidad de carga en los estanques de 55 libras de truchas por metro cúbico es muy recomendable, tomando en consideración los caudales respectivos y que el recambio recomendado en los estanques es de 1 por hora o sea 24 recambios al día. Estanques bien diseñados, donde hay un buen recambio del agua y una buena oxigenación, permiten tener una buena calidad del agua lo que favorece el buen crecimiento de las truchas, que previene la aparición de enfermedades y facilita la cosecha (FAO, 2014).

3.3 ALIMENTACIÓN

3.3.1 Calidad del alimento

Los alimentos que se distribuyen en el mercado son principalmente de dos tipos: extruido y pelletizado. El alimento deberá contener valores altos de proteína, en especial para los primeros estadios. Además, se deberán considerar otras características como la inclusión de pigmentos para dar color al músculo u otros promotores de crecimiento que son evaluados constantemente (FAO, 2014).

3.3.2 Selección del alimento y Alimentación de los peces

La alimentación de las truchas varía en función al peso del pez, la época del año (verano – invierno) y de la carga del estanque, asimismo el modo de alimentar como la forma del alimento. La forma del alimento varía de acuerdo al peso unitario de la trucha, y es que la idea es que el grano del alimento (pellet) sea acorde con el tamaño de la boca del pez, teniendo el alimento diferentes presentaciones para una misma composición, pero para diferentes pesos unitarios de pez. Es importante mencionar que una adecuada utilización del alimento también tendrá como resultado mejores tasas de conversión alimenticia. A medida que el pez crece se debe de cambiar el tamaño del alimento, este cambio no debe de ser brusco sino en forma paulatina, es decir se puede agregar el nuevo tamaño de alimento en un 25 % de la ración diaria, aumentando este porcentaje cada 2 a 3 días, logrando un cambio total (100 %) luego de una semana o semana y media, esto se debe porque, aunque se haya seleccionado el estanque, siempre existirá aquellos peces que tengan un crecimiento lento o se prefieran un tipo de grano menor (FAO, 2014).

Los alimentos proporcionados a las truchas deben ser de alta calidad nutritiva, de modo que satisfagan los requerimientos de los peces y éstos puedan gozar de buena salud. El alimento suministrado debe ser el adecuado en relación al tamaño de los peces. En el mercado existen diversas marcas de alimentos paletizados, con una amplia variedad de tamaños de los gránulos, que permiten una adecuada alimentación para cada tamaño del pez. La empresa debe contar con un procedimiento y registro de alimentación

diario (FAO, 2014).

3.3.3 Tasa de alimentación

Es la ración diaria a proporcionar a la trucha, esta tasa varía con la temperatura del agua, el tamaño de los peces y el alimento. Se expresa en porcentaje de peso de los peces alimentados (FAO, 2014).

3.3.4 Frecuencia de alimentación

La frecuencia de alimentación (veces que se da de comer al día) debe de ser mayor para estadios menores (alevines 1, 2 y 3) y menor para estadios mayores (deshuesados, filetes y ahumados). Estas frecuencias pueden variar dependiendo de la calidad del agua (turbidez) o si los peces están estresados (raleos, traslados, selección, baños, etc.), de igual manera en días soleados es recomendable acabar de alimentar antes del mediodía, y cuando hay heladas es recomendable empezar a alimentar después de ellas (FAO, 2014).

3.3.5 Recepción, almacenamiento y manejo del alimento

Durante la recepción del alimento es necesario tener en cuenta las condiciones de arribo del alimento, verificar si ha llegado protegido del medio ambiente, características externas de los sacos de alimento, por ejemplo ver si los sacos están limpios o sucios porque esto es un indicativo del tiempo de almacenamiento que haya tenido el alimento, si hay sacos rotos, húmedos es necesario separarlos, observar las etiquetas de los sacos para tomar nota de las fechas de producción y lotes de alimentos recibidos, y finalmente una vez terminado el proceso de descargue realizar la verificación del número de sacos de alimento recibidos si es coincidente o no con la guía correspondiente (FAO, 2014).

El alimento debe ser almacenado sobre parihuelas o tarimas en un lugar ventilado, aislado de la humedad, de las altas temperaturas y de la radiación solar ya que el calor

calienta el alimento provocando rancidez y desnaturalización de sus componentes. El consumo de alimentos debe ir de acuerdo a la antigüedad de la fecha de producción, manteniendo un sistema PEPS (Primero en Entrar Primero en Salir) adecuado en el almacén. Nunca se debe dejar los alimentos a la intemperie ya que corren el riesgo de mojarse y sea invadido por hongos (FAO, 2014).

La salida diaria de alimento de los almacenes para las diferentes secciones se realizará por medio de una papeleta de salida de almacén que incluyen datos del alimento como tipo, cantidad, fecha de producción y lote el mismo que será llenado por el alimentador responsable (FAO, 2014).

3.3.6 Distribución y administración del alimento

El trabajador hará la distribución de alimento al voleo en forma manual en los estanques desplazándose ágilmente por el borde de éstos, al mismo tiempo que lo va esparciendo tratando de que la distribución sea homogénea y que todas las truchas del estanque puedan consumir el alimento proporcionado. A pesar que existen alimentadores automáticos en el mercado, realizar la alimentación a mano es el mejor método, pues la persona que realiza esta actividad puede observar el comportamiento de los peces, distribuyendo uniformemente el alimento de modo que todos los peces presentes en el estanque puedan comer su ración correspondiente correctamente. Además, el encargado podrá darse cuenta inmediatamente cuando las truchas estén satisfechas, cesando el aporte de alimento a los estanques (FAO, 2014).

Según la FAO, al momento de elegir el alimento comercial que se proporcionará a las truchas, se debe tomar en cuenta los siguientes requerimientos nutricionales:

- Carbohidratos: el porcentaje en la dieta debe ser menor al 12%.
- Grasas: los niveles deben ser del 10 al 12% para cubrir las necesidades energéticas de modo que no utilicen las proteínas para ello.
- Proteínas: los alimentos naturales que consumen las truchas tienen una composición del 50 a 60% de proteína; sin embargo, en alimentos balanceados se compone de 35 a 50%.

IV. DESARROLLO DEL TEMA

4.1. MATERIAL Y MÉTODO

En esta experiencia se ha tratado en lo posible reproducir las condiciones de cría, para que los datos y los resultados obtenidos sean más fidedignos.

Entorno y ambiente

La Piscigranja “Chano” está situada a aproximadamente 2 870 metros sobre el nivel del mar, en la región de Cajamarca en Perú. A esta altura la presión atmosférica está de 720,57 hPa (hecta pascal) según la formula siguiente:

$$P_h = P_0 \times e^{-mgh/kt}$$

Considerando:

P_0 : 760 mmHg

m : 29 uma (unidad de masa atómica)

g : 9.81 m/s²

h : 2870 m

k : 1.380 6488(13)×10⁻²³ J/K (constante de Boltzmann)

t : 288 K (temperatura en grados Kelvin)

El desarrollo de la fórmula barométrica, hace uso de un número de conceptos sobre la teoría cinética, tales como la ley de gas ideal y las constantes moleculares asociadas. Los dos términos del exponente, tienen unidades de energía. El numerador “mgh” es energía potencial gravitacional y el término “kT” es energía térmica.

Los estanques son abastecidos con agua proveniente del río Chonta. Por consiguiente, las características fisicoquímicas y el caudal cambian prácticamente en las mismas variaciones en cada estanque donde llega agua de primer uso.

Durante el tiempo de prueba, se mide diariamente a las 8:00am, 12:00am y 4:00pm la

temperatura del agua y el nivel de oxígeno disuelto a la entrada y a la salida de cada estanque. El caudal y el pH del agua que entra en la Piscigranja están medidos semanalmente a las 8:00am, 10:00am, 12:00am, 2:00pm, 4:00pm y 6:00pm. Cada semana el día de medida es diferente.

Las variaciones diarias (promedio de los 3 meses de la prueba) de las temperaturas y del caudal que entra en la granja están representados en la Figura 1.

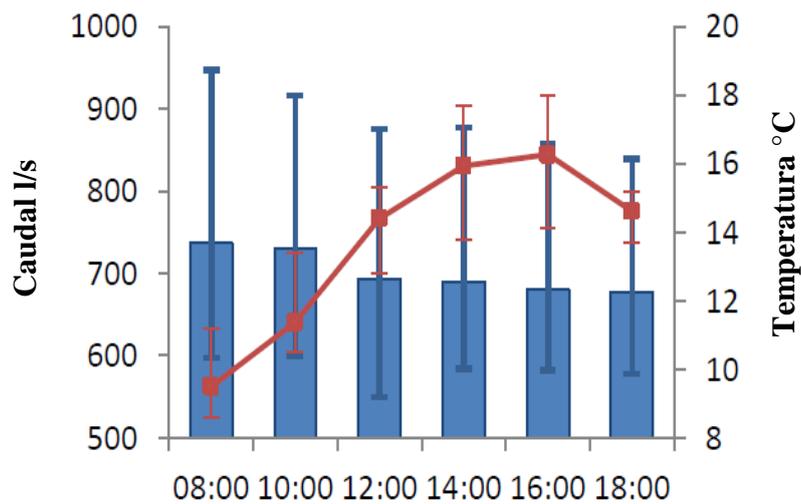


Figura 1: Variaciones del caudal promedio y de la temperatura del agua a la entrada de la Piscigranja.

FUENTE: Elaboración propia

Alimentos

Se dispuso de dos marcas de alimento para truchas: Alimento tipo A y alimento tipo B. Cada marca propone diferentes tipos de alimentos, según el peso y la longitud de los peces.

Se comparó tres (3) categorías por marca de alimento: Crecimiento II, Engorde y Acabado Pigmento, cuyas características fisicoquímicas están representadas en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Composición nutricional del alimento A.

Fórmula	Crecimiento II	Engorde	Alimento Pigmentado
Proteína (%min)	42	40	40
Grasa (%max)	13	13	13
Fibra (%max)	3,0	3,0	3,0
Ceniza (%max)	15	15	15
Humedad (%max)	12	12	12
Calibre (mm)	4	6	6
Astaxantina (ppm)	-	-	70
Peso 100 pellets (g)	5,2	18,2	14,0
Flota	No	No	No

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 3. Composición nutricional del alimento B.

Fórmula	Crecimiento II	Engorde	Alimento Pigmentado
Proteína (%min)	42	40	40
Grasa (%max)	10	10	10
Fibra (%max)	3,0	3,5	3,5
Ceniza (%max)	12	12	12
Humedad (%max)	12	12	12
Calibre (mm)	4	6	6
Astaxantina (ppm)	-	-	66
Peso 100 pellets (g)	3,5	12,2	13,1
Flota	Si	Si	Si

FUENTE: Elaboración propia.

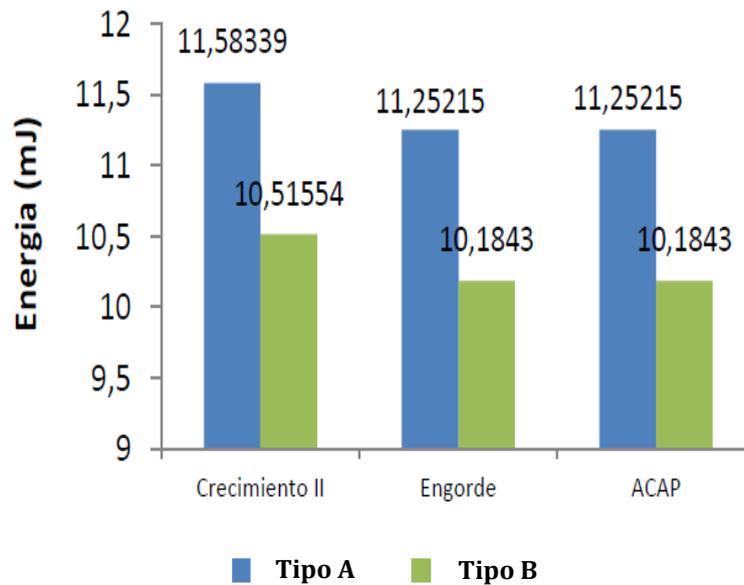


Figura 2: Energía metabolizable de 1 kg de los diferentes tipos de alimento.

FUENTE: Elaboración propia.

El tipo de alimento cambia con el peso medio de las truchas para asegurar un crecimiento y un desarrollo corporal óptimos según las recomendaciones del fabricante.

De una manera general, aquí están las tendencias:

40g < Crecimiento II < 90g

90g < Engorde < 120g

120g < Acabado Pigmento < 300g

Las truchas son alimentadas diariamente entre 7:30 am y 12:00 am, esto se debe a que la temperatura del agua se encuentra por debajo del promedio 15 °C, el cual es favorable, ya que contiene más oxígeno disuelto en comparación a horas después del mediodía. Las diferentes raciones se distribuyen manualmente en el estanque una sola vez durante todo el día.

Las tasas de alimentación están calculadas con un porcentaje de la biomasa total del estanque. Este porcentaje varía según el peso de los peces, de la marca del alimento y la temperatura del agua. Nicovita y Naltech preconizan más o menos los mismos porcentajes cuando las condiciones son las mismas. En este experimento tomaremos los porcentajes preconizados para una temperatura de 12°C porque es la temperatura promedio del agua durante la alimentación.

Tabla 4. Tasa de alimentación a una temperatura de 12°C.

Peso unitario (g)	% de peso corporal por día
40 - 66,6	2,0
66,6 - 100	1,8
100 - 142	1,6
142 - 200	1,4
200 - 333	1,3

FUENTE: Elaboración propia.

Tabla 5. Repartición de los estanques de la prueba entre los 3 grupos de crecimiento.

	Tipo	Colas	Medias	Cabezas
Tipo A	Crecimiento II (n = 3)	X	X	XX
	Engorde (n = 2)	X	X	
	Alimento Pigmentado (n = 3)			XXX
Tipo B	Crecimiento (n = 3)		X	XX
	Engorde (n = 3)	X	X	X
	Alimento Pigmentado (n = 3)		X	XX

FUENTE: Elaboración propia.

Se dispuso en total de 11 estanques. La población de aproximadamente 110 000 truchas estuvo dividida en tres (3) lotes según el estadio fisiológico y peso de las truchas:

- Las truchas cuyos pesos son superiores a 120 g, aproximadamente 33000 unidades;
- Las truchas cuyos pesos están situados entre 90 g y 110 g, aproximadamente 54000 unidades;
- Las truchas cuyos pesos están situados entre 40 g y 50 g, aproximadamente 23000 unidades.

El peso de las truchas de estos lotes corresponde a los pesos específicos de los 3 tipos de alimentos que vamos a utilizar.

Para la prueba es primordial tener lotes homogéneos en talla y peso, pero también de repartir en los estanques de tal manera que la densidad sea la más homogénea posible. Cada uno de los 3 lotes está subdividido en 2 nuevos grupos de talla y de peso homogéneos (una por cada categoría de alimento). Se utilizó 3 estanques por cada categoría de alimento y por marca. Un mismo estanque puede servir varias veces durante la prueba después que la biomasa sea pesada.

Durante todo el tiempo del experimento, la carga no podrá rebasar lo 35kg.m⁻³ de truchas. No obstante, si sobrepasan el nivel máximo de carga, estas serán movidas a un estanque más grande que el anterior.

Muestra y medida de la pigmentación

Cada semana, de todos los estanques del experimento se obtuvo una muestra, sacando al azar 15 individuos para los análisis correspondientes. Se calculó el incremento de la biomasa, seguidamente se calculó las nuevas densidades; los factores de conversión; los porcentajes de crecimiento, etc.

Los diferentes indicadores están obtenidos con las siguientes formulas:

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento consumido (kg)}}{\text{Diferencia de Biomasa (kg)}}$$

Este factor indica la eficacia alimentaria de los truchas es por eso que tiene que ser el más cerca o menos de 1 (Hepher B., 1988).

$$\text{T.C.} = \frac{\text{Diferencia de peso promedio (g)}}{\text{Número de días transcurridos}}$$

La tasa de crecimiento indica de cuantos gramos las truchas crecen por día (Hepher B., 1988).

$$\text{SGR} = \frac{(\ln (W_f) - \ln (W_i)) \times 100}{t}$$

SGR: Tasa específica de crecimiento (por su sigla en inglés)

ln: logaritmo natural

Wi: Peso inicial (por su sigla en inglés)

Wf: Peso final (por su sigla en inglés)

t: Tiempo expresado en días alimentados

La tasa específica de crecimiento indica la ganancia de peso diaria en porcentaje del peso de las truchas (Hepher B., 1988).

$$\mathbf{K} = \frac{\text{Peso promedio (g)} \times 100}{\text{Longitud}^3 \text{ (cm)}}$$

Este coeficiente K, factor de condición, traduce la relación entre el peso y la longitud de las truchas. Es un indicador para saber si las truchas están demasiadas o poco alimentadas. El K debe ser de 1,3. Menos indica que la cantidad de alimento suministrado a las truchas no es suficiente y, más indica que ellas están demasiadas alimentadas (Hepher B., 1988).

A partir de las muestras, estarán actualizadas las nuevas tasas de alimentación.

Para la evaluación de la pigmentación esta medida con la regla SalmoFan™ Lineal de los laboratorios Roche. Esta regla tiene 14 variaciones de rojo, numeradas de 20, el más claro; hasta 34, el más oscuro.

La relación entre un número de pigmentación deseado y la cantidad de pigmento que cada trucha debe comer esta obtenida con la siguiente formula:

$$Q \text{ (mg)} = 11,567x - 218,49$$

Q: cantidad de pigmento en mg.

Donde x: número de pigmentación deseado.

Para obtener la cantidad de alimento en kilogramos necesario para alcanzar esta pigmentación tiene que multiplicar la cantidad de pigmento por 0,7 para el alimento A y por 0,66 para el alimento B. Asimismo, diariamente se contabilizó el número de individuos que murieron por estanque.

4.2.RESULTADOS

Todos los resultados se basan en la última toma de muestra del experimento.

Tabla 6. Resultados de factor de conversión alimentario (FCA), tasa de crecimiento (TC) y SGR según la marca y el tipo de alimento.

	Tipo	FCA	T.C. (g/día)	SGR %
Tipo A	Crecimiento II (n = 3)	0,9968	0,5586	1,0522
	Engorde (n = 2)	0,8573	1,1085	0,9680
	Alimento Pigmentado (n = 3)	0,9853	1,1231	0,6718
Tipo B	Crecimiento II (n = 3)	1,0393	0,5537	1,0354
	Engorde (n = 3)	1,0639	1,0901	0,8443
	Alimento Pigmentado (n = 3)	1,2921	1,0257	0,6429

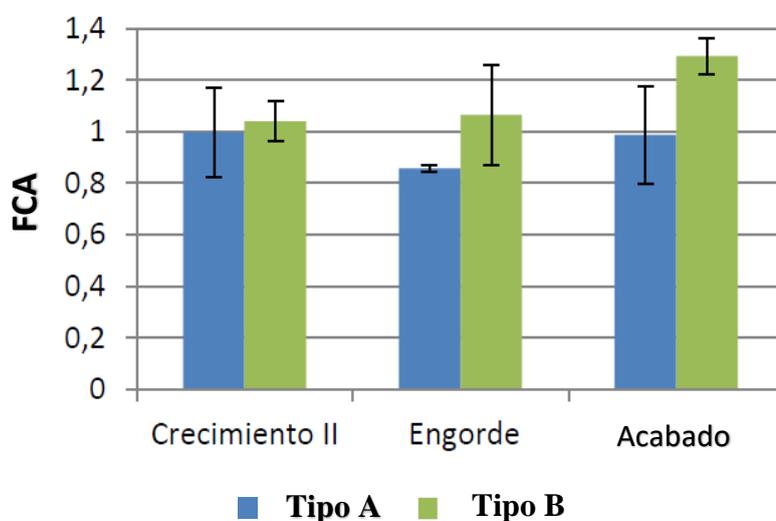


Figura 3: Factores de conversión alimenticia promedio y errores típicos según los tipos de alimento y la marca, n = 3

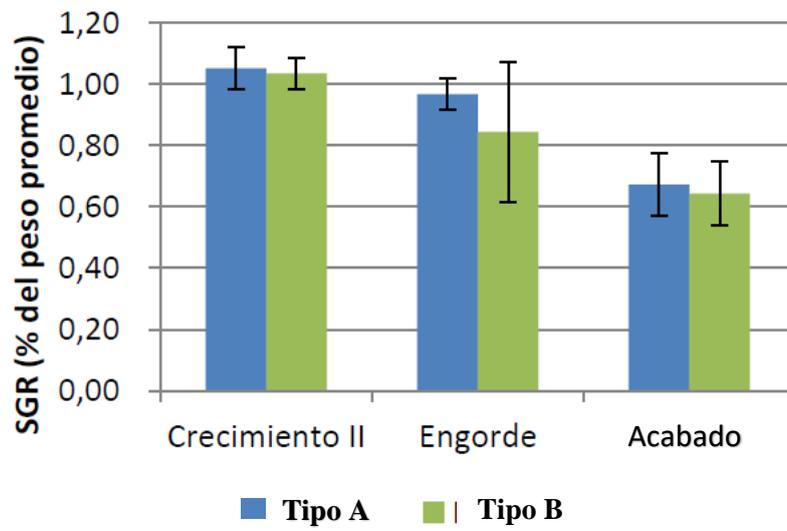


Figura 4: Tasa específica de crecimiento promedio y errores típicos según los tipos y la marca de alimento, n = 3

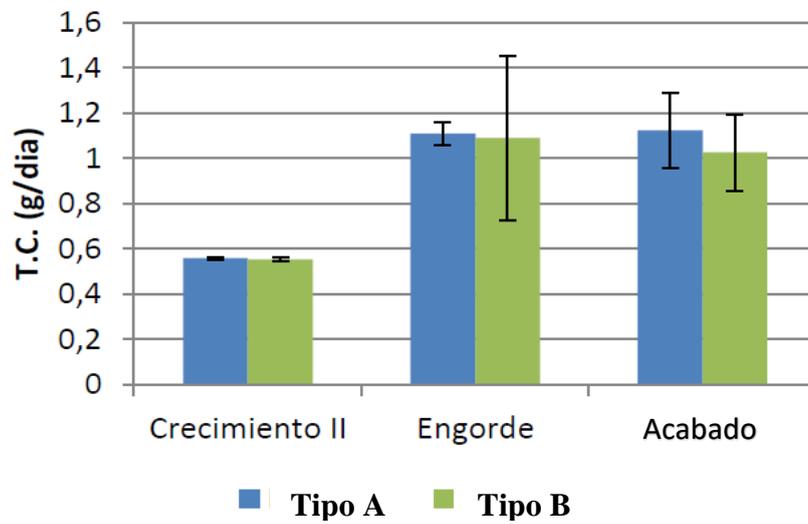


Figura 5: Tasa de crecimiento y errores típicos según el tipo y la marca de alimento, n = 3

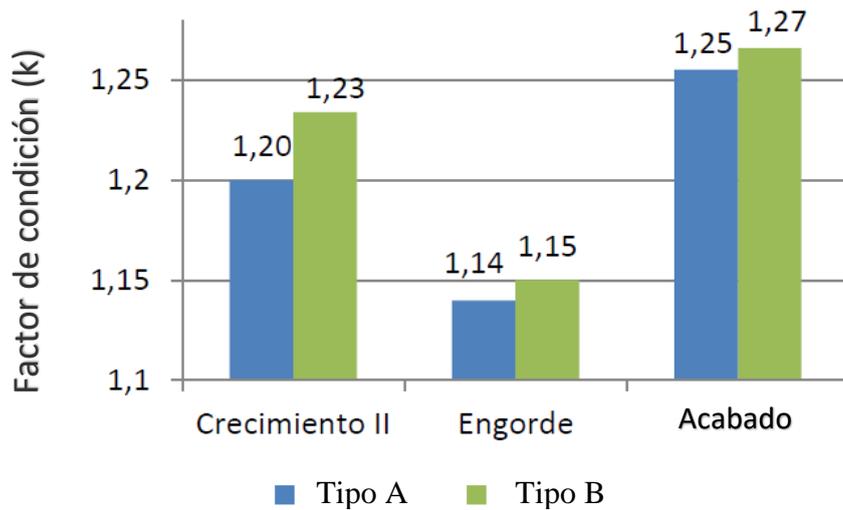


Figura 6: Promedio del coeficiente de relación peso-longitud según el tipo y la marca de alimento

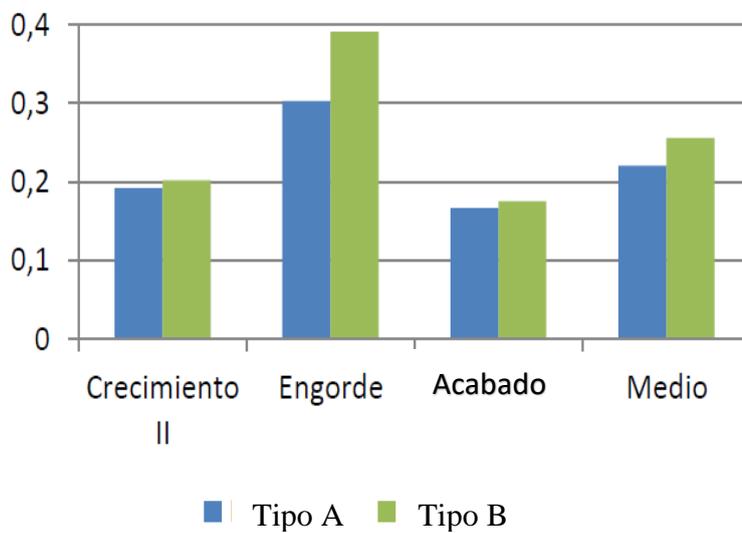


Figura 7: Mortalidad diaria por mil truchas según el tipo y la marca de alimento

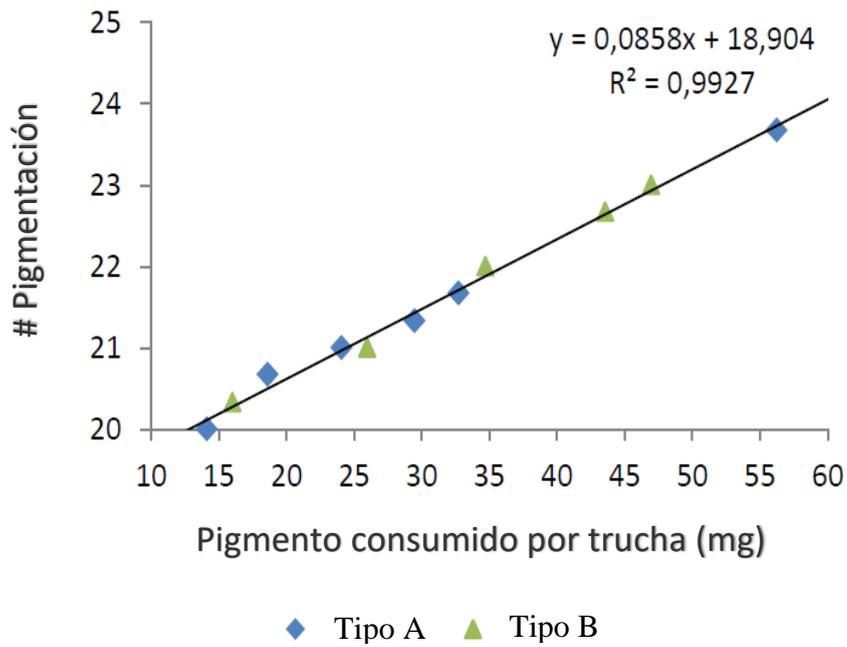


Figura 8: Pigmentación según la cantidad de pigmento consumido por trucha

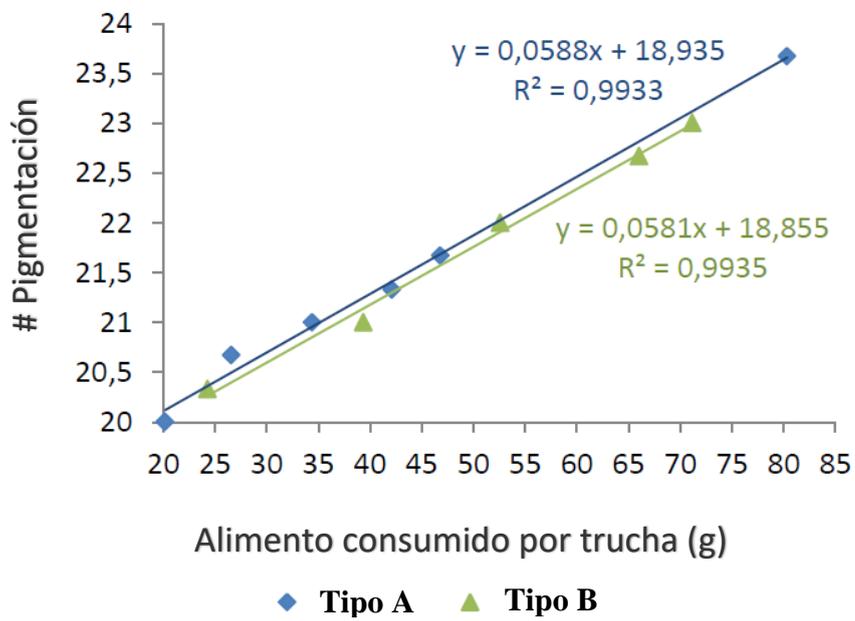


Figura 9: Pigmentación según la cantidad de alimento consumido por trucha

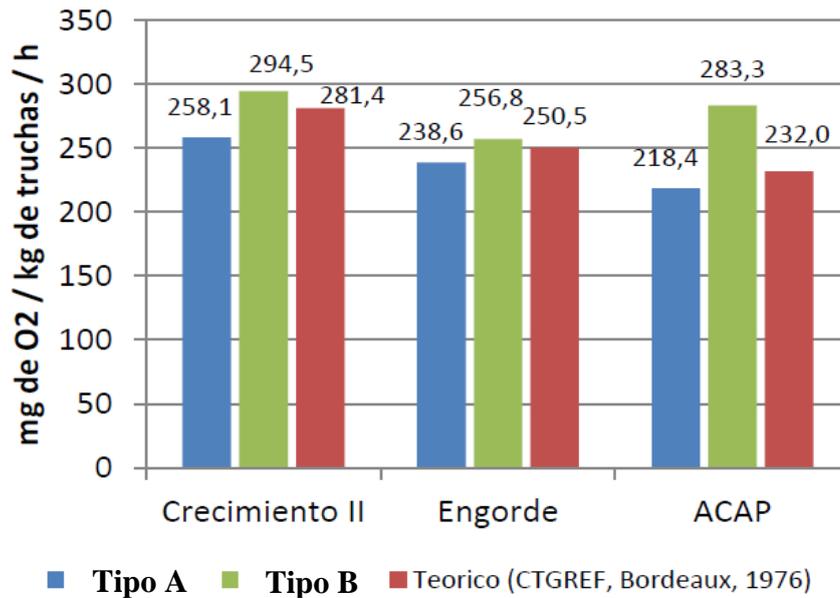


Figura 10: Consumo de oxígeno 15 minutos después de la alimentación con 70% de la ración y a una temperatura de 12°C en el agua

4.3.DISCUSIÓN

Durante la prueba varios factores han podido afectar a los resultados como la densidad de siembra en un estanque y las diferencias genéticas de las truchas. En efecto no era siempre posible desdoblarse los estanques por falta de sitio disponible. Además, las características genéticas de los peces pueden influir sobre la eficiencia de digestión de un alimento.

Durante la prueba, por diferentes razones de manipulación, muestreo, temperatura o turbidez del agua, los truchas solo han comido un porcentaje de la ración proyectada. De una manera general las truchas alimentadas con alimento pigmentado han comido 50,5% de la ración proyectada, las truchas alimentadas con Engorde 55,6% y las truchas alimentadas con Crecimiento II 67%.

Según la prueba de Student, ningún resultado de un tipo de alimento está significativamente diferente en un umbral de $\alpha=0,05$ según la marca comercial, aunque las diferencias no son consideradas para el piscicultor. Eso puede explicarse por el pequeño tamaño de las poblaciones sometidas a prueba (máxima de 3) y que esta prueba

no es bastante consistente. Para aumentar la consistencia de la prueba se puede influir sobre 2 parámetros: aumentar la población y reducir la varianza. Sin embargo, esta prueba puede utilizarse para determinar si en el seno de una población hay valores significativamente diferentes de los otros.

Tabla 7. Factores de conversión alimentaria según el tipo de alimento A y B

	Tipo	FCA			
Tipo A	Crecimiento II (n = 3)	0,8835	1,4034	0,7036	
	Engorde (n = 2)	0,8392	0,8754	1,7287	
	Alimento Pigmentado (n = 3)	0,7570	0,7914	1,4076	2,6264
Tipo B	Crecimiento II (n = 3)	0,8889	1,2224		
	Engorde (n = 3)	0,9528	0,7219	1,5172	2,0982
	Alimento Pigmentado (n = 3)	1,2900	1,1421	1,4443	

FUENTE: Elaboración propia

Las diferencias de factores de conversión entre el mismo tipo de alimento de la misma marca pueden explicarse por varios factores: la posición del estanque en el centro (es abastecida por agua de segundo uso), las características genéticas de las truchas, errores de manipulación y alimentación, la densidad o factores ambientales. Los estanques que ofrecen un factor de conversión alimentaria significativamente diferente de los otros del mismo tipo y de la misma marca no serán tomados en cuenta.

Tabla 8. Comparación de la cantidad y del tiempo necesario para alcanzar una pigmentación de 24, entre los alimentos Tipo A y Tipo B.

	Tipo A	Tipo B
# Pigmentación	24	24
# Peces en el estanque	10000	10000
Cantidad de alimento diario	20 kg	20 kg
Pigmento necesario para alcanzar la pigmentación	591,18 kg	591,18 Kg
Alimento necesario para alcanzar la pigmentación	844,54 Kg	895,73 Kg
# Días necesarios para alcanzar la pigmentación	43	45

FUENTE: Elaboración propia

En el ejemplo de la tabla 8, se necesitaría alimentar el estanque de alimento B con una ración diaria de 21,2 kg para alcanzar la misma pigmentación en el mismo tiempo.

Los 3 tipos de alimentos de la marca del alimento A, en el contexto de la prueba, parecen mejores en el aspecto productivo, sobre todo el factor de conversión, pero también parecen más adaptados al ambiente de cultivo de los meses de Julio a Setiembre del centro “Chano”. Las presentaciones productivas del alimento A, se explica principalmente por la cantidad de energía metabolizante contenida en el alimento, la cual es más alta que la contenida en el alimento B (ver figura 2).

Costos – Beneficios

El análisis de los costos solo toma en cuenta los costos a partir del momento donde las truchas pesan 30 gramos hasta un peso de 250 gramos.

Tabla 9. Tabla de alimentación del Alimento A y B.

	Tipo A peso en g	Tipo B peso en g
Crecimiento II	25 - 67	30 - 90
Engorde	67 - 150	90 - 120
Alimento Pigmentado	150 - 250	120 - 250

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 10. Precios sin IGV de los tipos de alimento en Nuevos Soles por tonelada, todo incluido (transporte, reducción etc.).*

	Tipo A peso en g	Tipo B peso en g
Crecimiento II	3934,43	3610,26
Engorde	4154,74	3370,87
Alimento Pigmentado	3904,42	3845,82

FUENTE: Elaboración propia

* Los precios de los alimentos son en dólares americanos. El tipo de cambio actual es de 1US\$= 2,60PEN.

La hipótesis para calcular los costos, es que el alimento representa 60% del costo total que genera la Piscigranja, lo que significa que 40% son otros costos.

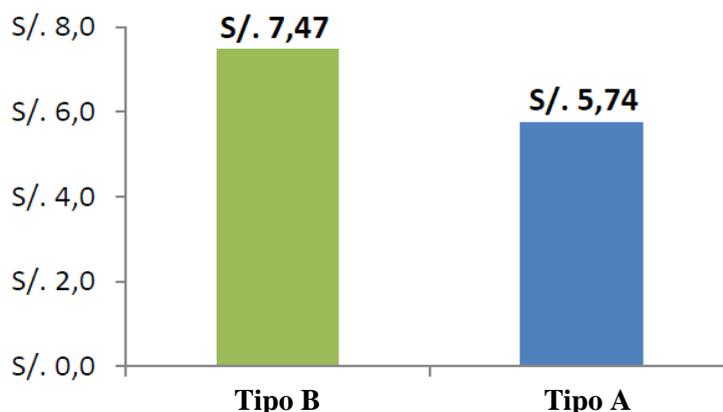


Figura 11: Costos totales (sin IGV) para producir un kilogramo de truchas del peso de 30 a 250 gramos

FUENTE: Elaboración propia

Las dos marcas utilizan el mismo tipo de pigmento: Astaxantina; Por consiguiente, la pigmentación de la carne evoluciona de manera idéntica según la marca, dependiendo de la cantidad de pigmento consumido por las truchas, como lo muestra la figura 8. Sin embargo, el Alimento A pigmentado contiene más pigmento (Tabla 2 y 3) que el del B y esta diferencia explica la variación entre las dos marcas en cuanto a la cantidad teórica de alimento y al tiempo necesario para alcanzar la misma coloración, tal como lo muestra la figura 9 y la tabla 8.

Un kilogramo de truchas criadas con los alimentos B, durante la prueba, han costados 23,2% más caro que un kilogramo de truchas alimentadas con los alimentos A.

La prueba ha mostrado que en la Piscigranja “Chano” los alimentos A tienen mejores índices productivos que los alimentos B, lo que significa que necesita menos alimento para alcanzar un mismo peso.

La velocidad de crecimiento de las truchas alimentadas con alimento A es ligeramente más rápida, que los que son alimentados con alimento B. En efecto con el alimento A, es posible hacer 1,6 ciclos de producción al año, contra 1,4 del alimento B.

V. CONCLUSIONES

1. El alimento pigmentado de la marca A tiene mejores resultados productivos y mejor pigmentación.
2. Las truchas alimentadas con la marca A pigmentan su carne en un tiempo menor, respecto a las alimentadas con la marca del alimento B.
3. Es más caro pigmentar 1kg de carne de trucha usando alimento B, que si lo hiciéramos con el alimento A.
4. La velocidad de crecimiento de las truchas alimentadas con alimento A es ligeramente más rápida que las alimentadas con la marca del alimento B. En efecto, con la marca del alimento A si el resultado se mantiene durante todo el ciclo productivo, es posible hacer 1,6 ciclos de producción al año, contra 1,4 del alimento B.
5. Para la categoría del alimento “Crecimiento II”, alimento A y B, presentan resultados zootécnicos promedios similares como lo muestran las figuras 3 y 7. Sin embargo, la desviación estándar de FCA de la marca del alimento A es más alta, lo que significa que el Crecimiento II del alimento B ha dado resultados con menos variación (Figura 3).
6. Las truchas alimentadas con Alimento A, consumen menos oxígeno disuelto durante el corto periodo de trabajo digestivo, que supone la trituración de los gránulos ingeridos en el estómago y su paso al intestino (Figura 10). Siendo este factor de importancia, en un ambiente donde puede faltar oxígeno como la Piscigranja “Chano”.
7. Los estanques alimentados con alimento de engorde presentan en promedio el factor de conversión más bajo de la prueba (0,8573), Asimismo, los peces alimentado con este tipo de alimento, presentan la mortalidad más alta y el coeficiente peso longitud más bajo de la prueba (1,14 y 1,15).

8. El alimento A, Crecimiento II, presenta mejores resultados zootécnicos que el Alimento B, debido a que sus tasas de crecimiento son mayores (0,5586) y el factor de conversión alimenticia es de menor valor (0,9968).
9. El alimento Crecimiento II y el alimento Engorde del alimento A, tuvo un consumo de oxígeno menor que el Engorde del alimento B (258,1 y 238,6 mg de O₂ /kg. de trucha/h).

VI. RECOMENDACIONES

- Todos los resultados deberían estar corroborados durante otros meses del año, porque las condiciones ambientales desempeñan un papel importante que puede cambiar la conclusión de esta prueba. Además, actualmente, falta pruebas para los otros tipos de alimento: Pre-inicio, Inicio y Crecimiento I.
- Todos los resultados deberían corroborarse durante otros meses del año, porque las condiciones ambientales desempeñan un papel importante.
- El alimento es un insumo caro, que representa entre un 50 y 60% de los gastos de producción, de ahí la importancia de su buen almacenamiento y manejo.
- Se debe experimentar con otras marcas de alimento para determinar cuál de todas es más rentable en el centro de producción.

VII. BIBLIOGRAFIA

ABDULRAHMAN AL-KHALIFA, S.; KENNETH, L.S. 1988. Metabolism of astaxanthin in the rainbow trout. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91B (3): 563-568.

ANDO, S.; OSADA, K.P.; HATANO, M.; SANEYOSHI, M. 1989. Comparison of carotenoids in muscle and ovary from four genera of salmonids fishes. *Comp. Biochem. Physiol.*, 93B (3): 503-508.

ANDRE, E. 1926. Influence de l'alimentation sur la pigmentation cutanée des Salmonidés. *Rev. Suisse Zool.*, 33:659-669.

BJERKENG, B.; STOREBAKKEN, T.; LLAAEN-JENSEN, S. 1990. Response to carotenoids by rainbow trout in the sea: resorption and metabolism of dietary astaxanthin and canthaxanthin. *Aquaculture*, 91: 153-162.

CAMERON; DAVIS. 1970. Gas exchanges in Rain bow trout with varying blood oxygen capacity. Department of Zoology University of British Columbia. Vancouver 8. B.C.

CHEN, H.; MEYERS, S.P.; HARDY, R.W.; BIEDE, L. 1984. Color stability of astaxanthin pigmented rainbow trout under various packaging concentration. *J.Food Sei.*, 49:1337-1340.

CHOUBERT, G.; ET LUQUET, P. 1982. Fixation et retention musculaire de la canthaxanthine par la truite arc-en -ciel. *Ann Zootech.*, 31(1): 1-8.

CHOUBERT, G. 1986. Pigments carotenoides et reproduction des poissons. *Bull. Fr. Peche. Piscic.*, 300:25-32.

CHOUBERT, G.; MIICUA, J.C.; GÓMEZ MARTÍNEZ, R.; PETIT, H.;

NEGRESADARGUEZ, G.; CASTILLO, R.; TRILLER, J.P. 1991. Transport of canthaxanthin in serum of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Abstr. 4 * Int.Symp. Fish Nutrition and Feeding, Biarritz, France, 24-27 June.

CHRISTOPHERSEN, A.G.; BERTELSEN, G.; ANDERSEN, H.J.; KNUTHSEN, P.; SKIBSTED, L.H. 1992. Storage life of frozen salmonids. Effect of light and packaging conditions on carotenoid oxidation and lipid oxidation. *Lebensm. Unters. Forsch.*, 194:115-119.

DE LA OLIVA, G. 2012. Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha arco iris.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2014. Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris, <http://www.fao.org/3/a-bc354s.pdf>

FAURE, A. 1980. Bases biotechniques et économiques de mise en place d'une gestion prévisionnelle en aquaculture. Exemple de la salmoniculture. C.T.G.R.E.F. Division aménagements littoraux et aquaculture. Antenne Bretagne.

HANNASCH, K.; NELSON, C. 1990. Efficacy of liquid Kem glo MR bran in the pigmentation of commerciale atlantic salmom: Field trial in the Bay of Fundy. Pigmenter Research. Bulletin of Kemin Industries Inc.

HARDY, R.W.; TORRISEN, O.J. 1987. Carotenoids Pigmentation of salmonids. *Aquaculture Magazine*, 1:8-14.

HASKELL, D. C. 1955. Weight of fish per cubic foot of water in hatchery troughs and ponds. *Prog. Fish-Cult*, 17 (3).

HATA, M.; HATA, M. 1973. Studies on astaxanthin formation in some fresh-water fishes. *Tohoku J. Agric. Res.*, 24 (4):192.

HEPHER, B. 1988. Nutrición de Peces Comerciales en Estanques. Limusa. Grupo Noriega Editores. México. Primera edición 1993.

JORDAN, D. H. M.; LLOYD, R. 1964. The resistance of rainbow trout and roach to alkaline solution. *Inst. J. Air. Wat. Pollut.*, 8, 405-409.

JOSEPHSON, D.B.; LINDSAY, R.C.; STUIKER, D.A. 1981. Volatile carotenoids related oxidation compounds contributing to cooked salmon flavor. *Food Sci., Technol.*, 24: 424-432.

KAMATA, T. 1985. Study of astaxanthin diester in the flower *Adonis aestivalis* and its application for the pigmentation of rainbow trout. Tesis para el grado de PhD., University of Rhode Island.

KARASHIGE, M.; OKIMASU, E.; MASAYASU Y.; UTSUMI, K. 1990. Inhibition of oxidative injury of biological membranes by astaxanthin. *Physiol. Chem. Phys. & Med. NRM*, 22:27-38.

KENNEDY, V. S.; MIHURSKY, J. A.; 1967. Bibliography on the effects of temperature in the aquatic environment. *Contr. Nat. Resour. Inst. Univ.*

KITAHARA, T. 1983. Behavior of carotenoid of the Chum salmon (*Oncorhynchus keta*) during anadromous migration. *Comp. Biochem. Physiol. Chem. Phys. & Med. NRM*. 22:27-38.

LEE, G.R.; NEAMTU GH.; LEE, TUNG-CHING; SIMPSON KENNETH. 1978. Pigmentation of rainbow trout with extracts of floral parts from *tagetes erect* and *cucúrbita maximum marica*. *Biochem.*, 15 (4), 287-293.

MEYERS, S. 1986. Carotenoids are important to aquaculture industries. *Feedstuffs*, 29:22-23.

MIKI, W.; YAMAGUCHI, K.; KONOSU, S. 1982. Comparison of Carotenoids in the ovaries of marine fish and shellfish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 71B: 7-17.

MUÑOZ, S. 2011. Pigmentación de los salmones. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

NO, H.K.; STOREBAKKEN, T. 1992. Color stability of rainbow trout fillets during frozen storage. *J. Food Sci.*, 56: 969-984.

OSBORNE, D.J.; HAMILTON, P.B.; BURMEISTER, H.R. 1982. Comparison of ochratoxin and T 2 toxin for their effects on selected parameters related to digestion and evidence for specific metabolism of carotenoids in chicken. *Poultry Sci.*, 61:1646.

PETERSON, D.H.; JAGER, G.M.; SAVAGE, G.N.; WASHBURN G.N.; WESTERS H. 1966 Natural coloration of trout using xanthophylls. *Trans. Am. Fish. Soc.* Vol. 95.

PRODUCE, 2016. Dirección general de acuicultura. http://rnia.produce.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=78

SABAUT, J. 1976. Cultivo de la trucha arco iris. CIPASA.

SINNOTT, R. 1989. Keep them in the pink to stay competitive. *Fish Farmer*, 12 (5):23-26.

SIGURGISLADOTTIR, S.; PARRISH, C.C.; LALL, S.P.; ACKMAN, R.G. 1994. Effects of feeding natural tocopherols and astaxanthin of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillet quality. *Food Res. Int.*, 27: 23-32.

SKREDE, G.; STOREBAKKEN, T. 1986. Instrumental color analysis of farmed and wild Atlantic salmon when raw, baked and smoked. *Aquaculture*, 53: 279-286.

SKREDE, G. T.; STOREBAKKEN, T.; NAES, T. 1989. Color evaluation in raw, baked and smoked flesh of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) fed astaxanthin or canthaxanthin. *J. Food Sci.*, 55: 1574-1578.

TROUTLODGE, 2010. Mejorando la economía de la granja de truchas. Technical bulletin.

