
La alimentación de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) en la acuicultura peruana

The feeding of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)) in Peruvian aquaculture

Alejandro Seminario Cunha¹  Carlos Abanto-Rodríguez^{2,*} 
Marco A. Añaños Bedriñana¹  Héctor O. Chávez-Angulo¹ 

¹ Universidad Nacional Autónoma de Chota. Chota, Perú. Jr. José Osoreo n° 418 Plaza de Armas Chota -Cajamarca-Perú.

² Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Carretera Federico Basadre km 12,400, Yarinacocha, Ucayali, Perú.

* Autor de correspondencia [e-mail: cabanto@iiap.gob.pe]

RESUMEN

El objetivo del estudio fue documentar información científica y técnica especializada sobre alternativas alimenticias para la trucha arco iris. Se priorizó la revisión de artículos científicos y técnicos del Perú y de otros países con una antigüedad no mayor a diez años, sin dejar de lado documentos de mayor antigüedad cuya información resultó valiosa. Se identificaron alternativas de alimentos para sustituir al convencional, pero éstas, en su totalidad han sido estudiadas únicamente a nivel experimental tanto en el Perú como en el mundo. Se ha probado con insectos, lombrices, residuos de transformación de la trucha, alimentos vegetales, administración de vitaminas y minerales. Los alimentos que se están utilizando de forma comercial son la harina y el aceite de pescado, así como, la harina de soya. Ninguna de las alternativas encontradas en la bibliografía se utiliza de forma comercial, sin embargo, algunas de ellas se presentan como alternativas a futuro siendo necesario seguir investigando.

Palabras clave: insectos; soya; lombriz; alimento; dieta vegetal

ABSTRACT

The objective of the study was to review as many scientific and technical documents as possible in order to obtain specialized information on food alternatives for rainbow trout. Priority was given to the review of scientific and technical articles from Peru and other countries that were no older than ten years, without leaving aside older documents whose information was valuable. Food alternatives were identified to substitute the conventional one, but all of them have been studied only at an experimental level both in Peru and in the world. Insects, worms, residues from the trout processing, vegetable food, administration of vitamins and minerals have been tested. The foods that are being used commercially are

fishmeal and fish oil as well as soybean meal. None of the alternatives found in the bibliography are being used commercially, however, some of them are presented as alternatives for the future and further research is needed.
Keywords: insects; soybean; earthworm; food; vegetable diet

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (2020), la acuicultura es una de las actividades económicas más importantes que está en pleno desarrollo, puesto que, constituye aproximadamente el 50% del alimento en el planeta. En el Perú, la acuicultura se ha consolidado en los últimos años, tanto en la costa, sierra y selva, debido a las condiciones adecuadas de clima, agua, suelo, mano de obra, entre otros.

El 76,41% de peces cultivados corresponde a la acuicultura marina y 23,59% a la continental (PRODUCE, 2015). Las principales especies cultivadas son la concha de abanico y langostino, cuya producción es destinada principalmente a la exportación. Por su parte la trucha, se cultiva únicamente en zonas alto andinas, destinada al mercado nacional como internacional. En la Amazonía se cultiva paiche, gamitana, paco y boquichico para el mercado nacional. La tilapia se cultiva en la región San Martín (selva alta), el destino es el consumo local y, en la costa norte es destinada a la exportación y al mercado interno (PRODUCE, 2008).

Según, Guevara (2022), la producción acuícola nacional alcanzó 144,2 miles de toneladas en el 2021. Generando aproximadamente 30 000,00 puestos de trabajo. La concha de abanico y el langostino fueron las especies más cultivadas, representando el 62% del total cosechado. La producción de trucha se redujo en 11,2%, sin embargo, sus exportaciones aumentaron en 20% en valor, respecto al 2020. Las exportaciones

de truchas aumentaron de 2729 t en 2016 a 6628 t en 2021. De forma general la acuicultura, ha crecido sostenidamente desde el 2016, pasando de cosechar 100 mil t a 144 mil t en 2021.

La trucha se encuentra tercera en el ranking, después de los langostinos y conchas de abanico (ADEX, 2018). Por tanto, es una especie importante que contribuye a la economía local y nacional.

La palabra trucha proviene del latín tardío 'tructa', que a su vez proviene de la palabra griega τρώκτης (trōktēs), que significa 'tragona' (FAO, 2014).

El cultivo de la trucha se ha desarrollado en Francia, Italia, Dinamarca, Alemania y España, y recientemente en Chile (Quishpe et al., 2020).

En América del Sur, se cultiva en Chile, Perú, Ecuador, Argentina, Uruguay, Paraguay, Brasil, Colombia y Venezuela (FAO, 2014). En el Perú, la trucha se fue adaptando a partir de 1924 en lagunas y lagos, y en estanques y jaulas flotantes, donde el volumen constante y abundante de agua y el recambio permanente es imprescindible para su cultivo (Salinas-Castillo y Alarcón-Vera, 2017).

La trucha en el medio natural es carnívora y se alimenta de presas vivas, en su mayoría organismos acuáticos y algunos terrestres, como insectos. Los caracoles, los gusanos, los crustáceos, los renacuajos y peces pequeños de la misma u otra especie también son presas habituales (CIGEPI, 2018).

A partir de la expansión del cultivo de la trucha fue necesario domesticarla como estrategia de seguridad alimentaria, por lo que se creó una cadena de valor agregado. En ese sentido, uno de los puntos esenciales para su cultivo fue la alimentación, que motivó la búsqueda de nuevas alternativas que aportaran proteínas de menor costo en la composición del alimento balanceado (Yucra, 2021). Sin embargo, aún existen deficiencias en el manejo de alimentación, debido principalmente a la carencia de información sobre equipos, infraestructura, insumos, formulaciones, etc. Por esta razón, el alimento no presenta características de calidad y el manejo de alimentos frescos es deficiente y ocasiona problemas nutricionales.

En los últimos años, se han realizado estudios referidos a la formulación de nuevos alimentos balanceados, pero la información sobre la alimentación de la trucha en el Perú es escasa y dispersa.

En ese contexto, el objetivo principal de esta investigación fue revisar el mayor número de documentos con la finalidad de obtener información especializada sobre alternativas alimenticias de la trucha, con inclusión de sus características, principales resultados y métodos de crianza en las diferentes etapas del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente, se recurrió a la búsqueda, análisis e interpretación de artículos científicos, tesis, informes, boletines y otros documentos relacionados con la crianza y alimentación de la trucha. Se priorizaron los documentos de los últimos 10 años, tanto, a nivel de país como del extranjero, sin dejar de lado documentos de mayor antigüedad, según su importancia y calidad de información.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción y características de la trucha

La actividad acuícola en el Perú tiene gran potencial debido a la excelente dotación de recursos hidrobiológicos (ComexPerú, 2021), y es por ello que en los últimos años esta actividad ha crecido. Una de las especies con gran crecimiento productivo es la trucha, principalmente en las zonas altoandinas donde ha encontrado condiciones óptimas para su adaptación, como aguas con temperaturas entre 10 a 15 °C en la sierra peruana a partir de los 2500 m s. n. m., donde abundan recursos lénticos y lóticos (Salinas-Castillo & Alarcón-Vera, 2017).

La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es originaria de Norteamérica. Al haberse adaptado en lagunas, lagos y ríos altoandinos, se le puede encontrar en casi todos los cuerpos de agua dulce producto del repoblamiento iniciado hace casi un siglo y de los escapes de infraestructuras acuícolas (Ministerio del Ambiente, 2021). Prefiere aguas frías, limpias y cristalinas con corrientes moderadas; sin embargo, logra subsistir por varios días a temperaturas de 25 °C, así como en límites cercanos a la congelación (MINAM, 2015)

La trucha tiene hocico redondeado, boca pequeña, dentada y con la mandíbula inferior sobresalida. Posee puntos negros en forma de estrella en el cuerpo, la cabeza y las aletas anal, caudal y dorsal (Urbano, s. f.). Su color externo puede variar con el sexo, el hábitat y el tamaño (MINAM, 2015; FAO, s. f.). Las truchas que viven en ríos y los reproductores, por lo general son más oscuros y de colores más intensos comparados con aquellas que viven en lagos, que presentan tonos plateados y brillantes (Urbano, s. f.).

Según Cossíos (2010), la trucha fue introducida al Perú en el siglo pasado, probablemente en 1928, aunque otros autores consideran años anteriores o posteriores.

La acuicultura en la sierra peruana está vinculada principalmente a la trucha arcoíris, que se introdujo a través de huevos fertilizados procedentes de Sacramento (California, EE. UU.) para fomentar la pesca en lagunas y ríos cercanos a La Oroya. La primera introducción falló; mas no la segunda que logró producir 50 000 alevinos que fueron introducidos al río Tishgo y al lago Chinchaycocha cuando alcanzaron 10 cm. Luego, fueron llevados cincuenta alevinos a Quichuay (distrito de Ingenio), a orillas del río Chiapuquio, lo que sería el origen del Centro Piscícola El Ingenio (Concepción, Junín). En la década de 1940, el Ministerio de Fomento gestionó dicho centro y en la década de 1950, el Ministerio de Agricultura estableció varias estaciones piscícolas en Junín, Huánuco, Huancavelica, Puno y Cajamarca. En 1955, se sembraron tres millones de alevinos en 152 lugares de Lima, Apurímac, Arequipa, Amazonas, Cusco, Puno, Pasco, Junín, Huancavelica, Áncash, Ayacucho, Cajamarca y La Libertad (Ramírez-Gaston et al., 2018).

Un dato adicional sobre el ingreso de la trucha a Cajamarca, es lo que relata Goicochea (2014), que, en 1955, el Ing. Rafael Villanueva Novoa, funcionario del Ministerio de Agricultura, introdujo truchas de Chosica (Lima) a la provincia de San Miguel. Eran truchas de más o menos 15 cm que las sembró en el río Nitisuyo, el río San Miguel y en el río Llapino.

La crianza en su mayoría es empírica y no existe uniformidad de criterio en su manejo así, por ejemplo, en Chincheros, un tercio

de los productores alimenta tres veces al día, el 28,6% lo hace dos veces y el resto una vez al día. Por otro lado, más del 75% de los acuicultores utiliza alimento comercial, el 14% mezclan un alimento preparado por ellos mismos con el alimento comercial y el 9,7% lo mezcla con alimento para pollos o con arroz (Zárate et al., 2018). Con respecto a la comercialización, en diversas piscifactorías de Puno, el peso promedio de venta es de 250 g, lo que equivale a cuatro truchas por kg (Yapuchura, 2006). En Chincheros, el 71,4% de productores de trucha la comercializa cuando alcanza un peso promedio de 200 a 250 g; el 19,0% entre 250 a 350 g y el 4,8% lo hace con pesos menores de 200 g (Zárate et al., 2018). En Cajamarca, también se ha estandarizado la comercialización cuando alcanza un peso promedio de 250 g, por lo que en los últimos años que ya no se venda al peso sino por cantidad, es decir 4 truchas por el precio de un kg, todas procedentes de criaderos formales, sin embargo, las truchas provenientes de ríos o quebradas de algunas zonas de Cajamarca que son pescadas con redes de caída tipo atarraya, donde no se hace ninguna selección, se comercializan con pesos y tamaños menores, que muchas veces no superan los 8 o 9 cm, tal como fue constatado por el IMARPE entre el 2015 y 2017 para determinar la condición reproductiva de la trucha en esta Región (Instituto del Mar del Perú (IMARPE), 2017)). La talla óptima de comercialización varía según los países. Si bien en el Perú, está casi estandarizado comercializarla con pesos promedio de 250 g, en Europa se comercializa con pesos de 1 a 2 kg y la finalidad es transformarla en ahumada. Otra variable de comercialización es el color de la carne; en EE, UU. prefieren la carne

blanca mientras que en Europa y otras partes del planeta optan por la rosada, que se logra con pigmentos suplementarios adicionados en el alimento (FAO, 2009).

El tamaño comercial se alcanza en nueve meses, pero truchas “tamaño sartén”, de 280-400 g, se obtienen entre 12 y 18 meses. El tamaño ideal de cosecha cambia en cada país: en EE.UU. se pescan de 450-600 g; en Europa de 1000 a 2000 g; en Canadá, Suecia, Finlandia, Noruega y Chile de 3000 a 5000 g (FAO, 2009).

Aportes nutricionales de la trucha

La trucha es una gran fuente de proteínas y grasas. Al respecto Matute et al. (2008) sostienen que la trucha contiene 4,08% de grasas; 22,28% de proteínas; 3,7% de cenizas, 1,26% de cloruros y 126 kcal/100 g de carne. Posee un alto contenido de ácidos grasos omega-3. Estos datos difieren ligeramente de Urbano (s. f.), quien indica que la carne de trucha, además de su excelente sabor, contiene 6,70% de grasa y 18,75% de proteínas. Además, afirma que la trucha no contiene azúcar ni carbohidratos y aporta 135 calorías a la dieta. Posee además, vitamina A (34,5 µg), B9 (9,44 µg), B3 (8,45 µg), B12 (5,2 µg) y B7. También contiene potasio (480 mg), calcio (108,2 mg), sodio (56 mg), zinc (1,39 mg) y hierro (1,16 mg).

Aporte a la economía nacional

La trucha, gracias al conocimiento técnico de su cultivo es una de las especies con mayor potencial de desarrollo en el Perú (Ly, 2019).

De 1998 al 2013, la producción se incrementó de 117 t (\$ 395 mil) a 25 323 t (\$ 8 835,440). De este volumen, el 92% se comercializó en el país y el 8% se exportó a 15 países, destacando Canadá (28%), Países Bajos (14%), Alemania (12%), Rusia (9%), China (7%), Francia (7%), Suecia (3%),

Estados Unidos (3%) y Brasil (3%), (Martin et al., 2015).

Las bondades de la geografía andina peruana le han permitido a nuestro país que en los últimos 15 años alcance un incremento de 2000%, equivalente a un 24% de crecimiento anual. En 2017, se produjeron 54 mil t (Ly, 2019), lo que representa un crecimiento mayor de 100% con relación al 2013.

En el 2008, la producción mundial de truchas alcanzó 576 mil toneladas. Chile fue el primer productor con 25,9%, seguido por Noruega con 13,1%. El Perú en el mismo año tuvo una producción de 12 mil t (Chura & Mollocondo, 2009).

En el Perú, la producción de trucha está creciendo en las últimas décadas. En 1993, hubo una producción anual de 584 t y en 2005 alcanzó 5480 t, lo que representa un incremento de 10 veces en ese periodo (Matute et al., 2008). Del 2005 al 2008, la producción nacional creció 219% y alcanzó una producción de 12 mil t destinadas al mercado interno y a la exportación (Chura y Mollocondo, 2009). Sin embargo, es necesario lograr una producción mayor para ahorrar costos y tener posibilidades de acceder a los mercados exigentes del exterior (Matute et al., 2008).

El Perú, en el 2003 exportó 395 t de truchas por un importe de 1,73 millones de dólares y en 2005 se exportaron 758 t, por un importe de 3,3 millones de dólares. (Matute et al., 2008). En 2008, la exportación de trucha representó para nuestro país 3,6 millones de dólares (Chura y Mollocondo, 2009).

Las exportaciones peruanas de truchas se duplicaron en los tres últimos años, convirtiendo a la truchicultura en una actividad con un enorme potencial de crecimiento. Adicional a ello, la demanda

mundial se incrementa sostenidamente, mejorando las perspectivas de esta actividad (Matute et al., 2008).

La producción de trucha en 2018 sobrepasó las 80 000 t, con un crecimiento sostenido. Gracias al cultivo en el lago Titicaca en jaulas flotantes, es la especie de mayor crecimiento en los últimos seis años (Kleeberg, 2019).

En el 2019, se cosecharon 50 793 t de trucha, la venta interna alcanzó 40 322 t y se exportaron 6311 t. (COMEX, 2021).

Según las estadísticas de la SUNAT, entre enero-mayo de 2021, las exportaciones de trucha alcanzaron US\$ 23 millones, lo que representa un crecimiento del 70,7% respecto al mismo periodo del 2020 (ComexPerú, 2021).

Sistemas de cultivo de la trucha

Las especies acuícolas son de vida silvestre; sin embargo, desde hace varias décadas se crían en espacios controlados, lo que convierte a la acuicultura en una actividad importante en el mundo, pues en 1970 representaba solo el 5% de la producción mundial de animales acuáticos y en 2015 alcanzó el 53% (Hartwich et al., 2017).

La acuicultura en el Perú se basa en especies como el langostino, la concha de abanico, la trucha y la tilapia; y en una cantidad menos significativa, los peces amazónicos (Rainuzzo, 2020), que alcanza solo el 2,1%, mientras que el resto del planeta constituye un volumen próximo al 49% de la pesca. Las especies más representativas son las conchas de abanico, los langostinos y la trucha, destinadas principalmente a la exportación con excepción de la trucha, cuya producción se destina principalmente al consumo interno (Salinas-Castillo & Alarcón-Vera, 2017).

En el Perú, la trucha se cultiva en 16 regiones andinas, se hace en jaulas y con

ovas importadas. La producción la lideran Puno con 66% y Junín con 20%, luego Huancavelica con 3,4 %, Cusco con 1,3%, Cajamarca con 1,3% y Ayacucho con 1,1% (Martín et al., 2015).

El alto valor proteico de la trucha aporta a la seguridad alimentaria en lugares donde la proteína animal es escasa y, mediante la comercialización, genera ingresos a las familias pobres o muy pobres (Ministerio del Ambiente, 2021).

La crianza de trucha se puede realizar de forma intensiva, semi intensiva y extensiva (Matute et al., 2008).

Cultivo intensivo. Se lleva a cabo en recintos controlados naturales o artificiales, en jaulas o estanques. Se diferencia de las otras formas de crianza porque utiliza alimentos balanceados, ricos en minerales y proteínas (Matute et al., 2008; FAO, 2003). Este sistema ha mejorado las técnicas de cultivo mediante la adaptación de sistemas sofisticados a las condiciones locales y más accesibles para los productores. En estos sistemas las densidades van de 20 kg/m³ (estanques de concreto) a 14 kg/m³ (jaulas) (FAO, 2003).

Por lo general, se utilizan individuos seleccionados genéticamente, con alto valor sanitario y se usa alimento especializado o balanceado rico en proteínas de pescado (Berger, 2020; Mendoza & Palomino, 2004). Usa también conglomerados de bacterias, algas, hongos y otras especies animales (bioflocs) que proveen alimento y mantienen el medio en condiciones adecuadas a través de la biorremediación. La calidad del agua es importante, por lo que aplican tecnologías de recirculación y tratamiento de efluentes, y maximizan la eficiencia del espacio y del agua. Aplican medidas de bioseguridad y se busca el menor empleo de sustancias

químicas, por lo que es común el uso de probióticos y biorremediadores (Berger, 2020).

Este sistema tiene altos costos iniciales, un alto grado de control y un alto nivel tecnológico, pero a la vez tiene una alta eficiencia productiva (MINAGRI, 2016).

Cultivo semiintensivo. Aprovecha los ambientes naturales (lagos y lagunas), donde a las truchas se les alimenta artificialmente. Es de bajo costo y de productividad media (Matute et al., 2008). La crianza es en jaulas flotantes, las cuales son de fácil transporte y económicas, permiten manejar densidades entre 5 kg/m³ hasta 15 kg/m³ con una buena calidad de agua (FAO, 2003). Este sistema usa alimentos de bajo contenido proteico, elaborados con subproductos agrícolas o insumos locales que complementan la alimentación natural (Mendoza & Palomino, 2004).

Este sistema depende principalmente del alimento natural, que puede ser mejorado por fertilización o suministrando alimento suplementario. El monitoreo de la calidad del agua es simple. La crianza es en estanques tradicionales o mejorados y en jaulas simples (MINAGRI, 2016).

Cultivo extensivo. Se desarrolla en ambientes naturales, lagunas o cuerpos de agua libres y la alimentación depende de la productividad biológica de las aguas. Está orientada especialmente al autoconsumo. El manejo tiene costo mínimo, pero su productividad es baja (Matute et al., 2008; FAO, 2003) y no se puede estandarizar el tamaño ni el color de la producción (FAO, 2003). Es de bajo costo, no usa alimento balanceado, tiene un bajo nivel de control productivo, bajo nivel tecnológico y bajas densidades (MINAGRI, 2016).

El Perú cumple un gran rol en el abastecimiento de alimentos de origen pesquero para el planeta, especialmente pescado. A pesar de ser el principal productor de alimentos para la acuicultura y tener fuentes de agua en todo el territorio y una extensa costa marina, el desarrollo acuícola es incipiente, siendo necesario romper la inercia del desarrollo de esta actividad con estrategias sostenibles de productividad y competitividad (Kleeberg, 2019).

Tipos de alimentación de la trucha

Alimentación natural

La trucha es depredadora por naturaleza que subsiste capturando y devorando otros seres vivos. Su aparato digestivo está diseñado para aprovechar la proteína animal, pudiendo digerir y aprovechar muy pocos vegetales (Orna, 2010).

La trucha, si bien es una especie introducida hace aproximadamente 100 años a nuestro país (Ramírez-Gastón et al., 2018), hoy crece en diversos ríos y quebradas de la zona altoandina, donde se alimenta de forma natural. Es carnívora, alimentándose de larvas de insectos, crustáceos, moluscos, renacuajos, gusanos y peces pequeños de la misma u otras especies, pero su principal alimento son los camarones de agua dulce (MINAM, 2015; FAO, s. f.).

La alimentación natural depende del alimento disponible en el medio donde viven, como plancton, detritos, organismos en suspensión y organismos bentónicos. No dependen de ningún alimento suplementario adicionado artificialmente (Mendoza & Palomino, 2004).

La acuicultura y especialmente, la crianza de trucha, depende principalmente de dos recursos finitos: la harina y el aceite de pescado, por lo que la sostenibilidad de esta actividad depende en gran medida de

la identificación e inclusión de materias primas alternativas. Se han ensayado diferentes materias primas alternativas, siendo la harina de especies vegetales terrestres una de las principales candidatas a sustituir a la harina de pescado (Tomás-Almenar et al., 2020).

Alimentación convencional

El factor clave para el desarrollo acuícola, además del agua de calidad y las condiciones ambientales, es la alimentación. Se estima que el 60% de la acuicultura en el mundo está basada en especies a las que hay que alimentar y los insumos son finitos y disputados con otras crianzas, sobre todo las terrestres (Berger, 2020). La dieta debe contener proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. La cantidad a suministrar dependerá del tipo de alimento, calidad del agua, la temperatura, y el tamaño y estado de los peces (Yapuchura et al., 2018).

La trucha incorpora eficientemente la proteína y lípidos transformándolos en energía, pero asimila deficientemente los carbohidratos. Altas dosis de carbohidratos son contraproducentes, aumentan los depósitos de glucógeno en el hígado, reducen el apetito y el crecimiento. En tal sentido, es recomendable que la dieta no sobrepase el 12% de ellos. Un 5% de aceite de peces marinos aporta suficiente cantidad de ácidos grasos n-3. La trucha requiere quince vitaminas para un buen crecimiento y buena salud (Quishpe et al., 2020).

Las formulaciones alimenticias para trucha usan harina y aceite de pescado, granos y otros ingredientes (FAO, s. f, FAO, 2009), y debido al alto precio de estos productos, se están buscando alternativas de menor costo (Alagawany, et al., 2021). El alimento de la trucha representa alrededor del 65% del costo total del cultivo. Este porcentaje

puede variar si quien compra el alimento cultiva en pequeña escala o para subsistencia o menor escala. Si fuera el último caso, no tiene acceso al crédito para comprarle alimento al fabricante como lo hace el productor de mayor escala que compra hasta 30% más barato, no quedándole alternativa que comprarle al distribuidor (Salinas-Castillo & Alarcón-Vera, 2017).

Al respecto, Carpio & Ccopa (2017) identificaron en la región de Puno cinco escalas productivas de trucha: de mayor escala, de escala avanzada, de escala intermedia, de menor escala inicial y de subsistencia. Y estableció un alto nivel de riesgo de pérdida de capital a medida que bajaba la escala, por lo que recomendó producir trucha en gran escala mediante asociaciones de productores.

Los alimentos suministrados deben ser de alta calidad nutritiva, para satisfacer los requerimientos nutricionales y la buena salud de la especie. El alimento debe ser de acuerdo al tamaño de los peces. En el mercado, existen diferentes marcas de alimento peletizado con una gran variedad de tamaño de gránulos (Urbano, s. f.).

Las dietas han cambiado con el tiempo y el proceso de cocción-extrusión de alimentos provee dietas peletizadas compactas y nutritivas para cada ciclo de vida. Los pellets absorben altas cantidades de aceite de pescado que proveen alta energía por encima de 16% de grasa. El nivel de proteína ha aumentado a 35-45% y el nivel de grasa hoy excede el 22% para dietas de alta energía (FAO, s. f.).

La acuicultura en el mundo depende de alimentos basados principalmente en la harina y el aceite de pescado, sin embargo, no significa que estos alimentos sean insustituibles (Salinas-Castillo & Alarcón-

Vera, 2017). En años recientes, la harina de pescado se ha reducido 50% menos por el uso de harina de soya. Las dietas altamente energéticas son transformadas eficientemente a tasas de conversión (TCA) cercanas a 1:1 (FAO, s. f., FAO, 2009).

Muchos investigadores han sustituido parcialmente con buenos resultados la harina de pescado por harinas vegetales. Sin embargo, tal sustitución todavía no es tan eficiente debido a que la harina de pescado tiene un alto contenido de ácidos grasos del grupo omega 3 de cadena larga inexistente en otras especies animales o vegetales cuya función nutricional es diferente a los grupos omega 6 de los aceites vegetales (Salinas-Castillo & Alarcón-Vera, 2017). En la actualidad, la acuicultura utiliza aceites vegetales para alimentar a la trucha, pero los niveles de omega 3 en el filete se ven reducidos (Quiñones et al., 2021).

Cabe resaltar que no todos los alimentos comerciales tienen la misma respuesta en el crecimiento de truchas, como lo demostraron Yapuchura et al. (2018) al probar diferentes marcas de alimentos comerciales y encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) para la ganancia de peso vivo. Asimismo, concluyen que, ante un probable incremento del 10% del alimento, el beneficio se reduciría en 41% y ante un incremento del 25%, la crianza de trucha dejaría de ser rentable.

Costos alimenticios

La estructura de costos en la producción de trucha tiene un alto componente de costos variables y la alimentación constituye el mayor costo operativo (Yapuchura et al., 2018). En este sentido, la acuicultura debe seguir reduciendo la dependencia de la harina y aceite de pescado para garantizar el crecimiento sostenible de este sector

(Terova et al., 2021) y, considerando que los criaderos de esta especie se ubican en zonas altoandinas, se recorre larga distancia para llegar a su destino final, lo que incrementa los costos.

Diversos estudios realizados a nivel nacional demuestran que el porcentaje del costo de la alimentación es variable, pero a la vez importante. Por ejemplo, en Puno, Roque (2015) identificó que estos costos variaron entre 29,29 a 50,75%. En Ayacucho, Carrión (2017) señaló que estos costos alcanzan hasta 52,29%. Por su parte FAO (2009), afirma que el costo promedio de producción oscila entre 1,20 y 2,00 USD/kg, lo que en moneda peruana equivale a 4,80 y 8,00 soles aproximadamente.

Por su parte, Yancachajlla (2017), en otro periodo de análisis en la misma región Puno encontró que la variación de costos de alimentación osciló entre 37,06 y 41,49%. Para la misma región, Yapuchura et al. (2018) determinaron que estos costos alcanzaron el 78% del costo total, lo que es demasiado alto comparado con la mano de obra (10%), la compra de alevinos (7%) y los costos fijos (6%) y aunque la rentabilidad alcanza el 19%, se concluye que los alimentos deben ser suministrados eficientemente.

El alto costo de la alimentación de la trucha trae consigo un alto precio de venta de la misma, es por ello que en los últimos años está aumentando el uso de nuevos ingredientes para piensos acuícolas (Terova et al., 2021).

De acuerdo al Ministerio de la Producción (2010), el alimento balanceado es el principal factor en el costo de producción de la trucha, alcanzando entre el 64% al 74% del costo.

Otras propuestas de alimentación para la trucha

Dietas vegetales

Gran parte de las propuestas se prueban a nivel experimental con el propósito de abaratar costos. Así, Bustamante et al. (2016) probaron tres dietas de origen vegetal que incluían 15% de kiwicha (*Amarantus caudatus*), sachá inchi (*Plukenetia volúbilis* L.) y frijol caballero (*Phaseolus vulgaris* L.), comparada con una dieta control basada en harina de pescado. Los resultados demostraron que la dieta control fue superior. Sin embargo, dentro de las dietas vegetales la mejor fue la que contenía sachá inchi (367,1 g; 31,4 cm; 1,18) ($P < 0,005$), seguida de kiwicha (319,8 g; 30,4 cm; 1,14) y por último la dieta con frijol caballero (284,5 g; 28,8 cm; 1,19). Además, el sachá inchi presentó la mejor conversión alimenticia (1,95), que fue la más próxima al control (1,28), seguida de kiwicha (2,19:1 g:g) que tuvo menor rendimiento productivo y la dieta con frijol caballero produjo la más baja conversión alimenticia (7,07:1 g:g).

Estos resultados no fueron superiores al testigo, pero nos conducen a afirmar que existen opciones alimenticias que podrían implementarse como alternativas a la harina de pescado.

Por su parte, López-Macías & Salas-Benavides (2021) alimentaron truchas durante siete meses con hidrolizado de vísceras de trucha, mezclado con alimento balanceado comercial en dosis de 10, 15 y 20% y tuvieron como testigo al alimento balanceado comercial. Todas las mezclas fueron superiores al testigo y la de mayor ganancia en peso fue la mezcla de 20%, la cual alcanzó un peso de 203,17 g frente a 135,63 g del testigo. La ganancia de peso fue proporcional al porcentaje de hidrolizado suministrado; así, la dosis de

10,0% alcanzó 151,90 g y la de 15,0%, 176,63 g.

En México, durante 90 días, en truchas juveniles se reemplazó la harina de pescado por tres sustituciones de 50, 75 y 100% de gluten de maíz. Se obtuvo una reducción en el crecimiento (ganancia de peso y tasa de crecimiento específico) conforme se incrementó la dosis de gluten. También disminuyó la proteína en el tejido muscular, pero aumentó la deposición de lípidos del mismo tejido. El incremento de gluten aumentó el consumo de oxígeno y la excreción de nitrógeno amoniacal. Se concluye que se puede suministrar hasta 50% de gluten de maíz en la dieta para truchas juveniles (Carrillo et al., 2018).

En Chile, durante nueve semanas, se adicionó harina de *Durvillaea antarctica* (alga parda del hemisferio sur con alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados y γ -tocoferol) en la dieta de truchas alimentadas con aceite de colza para evaluar la calidad del filete. Como control se tuvo a truchas alimentadas con 100% de harina de pescado y los tratamientos tuvieron una mezcla de 10,0% de aceite de pescado y 90% de aceite de colza, mezcla a la cual se le adicionó 1,5, 3,0 y 6,0% de harina de *Durvillaea antarctica*.

El filete de los peces alimentados con 6,0% de harina de *D. antarctica* mostró un pH menos ácido, mayor luminosidad, menor amarillamiento y saturación del color en comparación con los otros grupos. El filete de pescado alimentado con harina de *D. antarctica* y aceite de colza, mostró menos oxidación. El perfil de ácidos grasos se vio afectado por la inclusión de aceite de colza, que redujo los niveles de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA). Sin embargo, las dietas con harina de *D. antarctica*

compensaron parcialmente la ingesta de aceite de pescado al reducir algunos ácidos grasos saturados, aumentar el contenido de EPA y reducir el índice aterogénico y el índice trombogénico, lo que mejoró el valor nutricional del filete. El uso de harina de *D. antarctica* no compensa significativamente los efectos del aceite de colza en el filete, pero podría utilizarse como alternativa para mejorar el valor nutricional y la calidad de la trucha (Quiñones et al., 2021).

Kaiser et al. (2021) investigaron un aislado de proteína de colza purificado con alto contenido de proteína y bajos niveles de extractos libres de nitrógeno y sustancias antinutritivas para determinar la digestibilidad y el probable reemplazo de la harina de pescado por este aislado al 33,0, 66,0 y 100,0% de proteína y energía digeribles. Luego de 56 días de alimentación, la digestibilidad del aislado de proteína fue de 95,2% y se pudo reemplazar hasta 66,0% de la harina de pescado de la alimentación sin afectar significativamente los parámetros de crecimiento y de salud. El reemplazo total redujo significativamente la ingesta de alimento y, por ende, el crecimiento.

Las microalgas poseen un valor de proteína cruda del 50,0%, comparable con el perfil de aminoácidos de la harina de pescado, y también niveles altos de ácidos grasos poliinsaturados que las convierten en una alternativa eficaz de alimentación y nutrición animal. La espirulina y clorella podrían ser una fuente importante de proteínas en la nutrición de los peces. Numerosos estudios avalan su idoneidad en la dieta de diversas especies de peces. Existen numerosos efectos beneficiosos de la suplementación con microalgas, incluida la promoción del crecimiento de carpas (*Labeo rohita*) y

tilapias (*Oreochromis niloticus*), la estimulación de la inmunidad en la trucha y mejora del rendimiento reproductivo en cíclidos de cola amarilla (*Pseudotropheus acei*) (Alagawany et al., 2021).

En la Universidad de Kastamonu- Turquía, durante 75 días se aplicaron extractos metanólicos acuosos de *Melisa officinalis* a la dieta basal de los peces a razón de 0 (control), 0,1 (LB0,1), 0,5 (LB0,5) y 1 (LB1) g kg⁻¹ mediante pulverización para evaluar el rendimiento del crecimiento, los parámetros sanguíneos, las actividades enzimáticas digestivas y antioxidantes y las respuestas inmunitarias no específicas en la trucha. Los resultados indican que la dosis de 0,5 y 1 g kg⁻¹ puede promover el crecimiento de la trucha. También se observó que promueve la actividad de las enzimas digestivas, la actividad antioxidante y las respuestas inmunitarias no específicas (Bilen et al., 2020). El gluten de maíz, se ha sugerido como alternativa proteica en lugar de las harinas de pescado en dietas para trucha (Carrillo et al., 2018). Voorhees et al., (2019) evaluaron durante 125 días el crecimiento de truchas adultas alimentándolas con soya bioprocesada como sustituto del 60 y 80% de harina de pescado, demostrándose que no hubo diferencia estadística significativa en ganancia de peso ni en el índice de conversión alimenticia, por lo que concluyeron que se puede sustituir al menos el 80% de la harina de pescado en la dieta de la trucha.

Durante 63 días, se alimentaron 25 truchas juveniles con harina de arveja de Narbona (*Vicia narbonensis*, cepa ZV-156), bajo tres dosis: 0, 10 y 30% con el objetivo de evaluar el rendimiento del crecimiento, el valor histopatológico y nutricional del filete, encontrando que la dieta del 10% mejoró el

contenido de ácidos grasos y no afectó al crecimiento como si lo hizo la dieta del 30%, que produjo una reducción del crecimiento final del 30%. (Tomás-Almenar et al., 2020).

Dietas animales

Hwang et al. (2021) evaluaron el efecto de un alimento formulado con *Hermetia illucens* (díptero) sobre el crecimiento y la inmunidad de la trucha con mayor expresión de péptidos antimicrobianos por infección debido a *Lactobacillus plantarum* (ImHIL). Se observó que los indicadores inmunológicos y de crecimiento mejoraron. También investigaron los efectos del alimento que contiene larvas de *Hermetia illucens* inyectadas con bacterias sobre el crecimiento y la inmunidad de trucha. El alimento se preparó reemplazando la harina de pescado en el alimento con 25 y 50% de HIL no inmunizado (HIL25, HIL50) o inmunizado (ImHIL25, ImHIL50) y su relación proteína: grasa: carbohidrato fue de 45:15:18. Se encontró que el ImHIL tiene un efecto beneficioso sobre la mejora del crecimiento y la inmunidad.

Terova et al., (2021) sustituyeron completamente durante 22 semanas la harina de pescado con harina de larvas del insecto *Tenebrio molitor* (TM) en la alimentación de la trucha, el comportamiento en la microbiota del intestino y en la piel de los peces. Formularon dos dietas experimentales extruidas isonitrogenadas, isolipídicas e isoenergéticas. Se incluyó comida de MT parcialmente desgrasada en una de las dietas para reemplazar el 100% (TM 100) de harina de pescado, mientras que la otra dieta (TM 0) no tuvo harina de pescado. Se demostró que la harina de larvas de TM es una proteína alternativa válida para reemplazar la harina de pescado en las

dietas acuícolas y representan ingredientes sostenibles y ricos en proteínas para peces de piscifactoría.

El aceite de pescado (FO) es uno de los principales problemas en la acuicultura, es por ello que Fawole et al. (2021) probaron durante 10 semanas el aceite de larvas de la mosca soldado negra (BSLO) como sustituto del aceite de pescado y de la harina de soya (SO) en truchas juveniles. Formularon cuatro dietas en las que el aceite de pescado se sustituyó por aceite de soya (SO) o BSLO y una dieta adicional basada en BSLO suplementada con 1,5% de ácido biliar (BSLO + BA). El rendimiento del crecimiento del grupo alimentado con BSLO fue similar ($P > 0,05$) al de los grupos alimentados con FO y SO; sin embargo, los peces alimentados con la dieta BSLO + BA registraron menor crecimiento. La composición de ácidos grasos del músculo y del hígado se vio influenciada ($P < 0,05$) y se detectaron mayores niveles de ácidos grasos saturados 14:0, 16:0 y totales en las truchas alimentadas con BSLO o BSLO + BA en comparación con las demás ($P < 0,001$). En tal sentido, BSLO podría servir como sustituto de FO y SO en la dieta de la trucha sin impactar negativamente en el rendimiento del crecimiento, la composición del cuerpo entero ni la retención de nutrientes.

Yapuchura (2006) estudió varias piscifactorías de la región Puno y encontró que, en algunas de ellas, además del alimento balanceado, las truchas reciben también alimento natural, entre ellos ispi e hígado fresco de res en mínima cantidad. Sin embargo, como sostiene Montesinos (2018), el uso de alimento comercial garantiza la inocuidad de la trucha, pero su dependencia exclusiva puede convertirse en insostenible por variaciones del precio.

En una prueba de digestibilidad en truchas alimentadas con harina de lombriz, afrecho de trigo y torta de soya, la soya y la lombriz alcanzaron un coeficiente de digestibilidad aparente proteica de 90,1 y 90,0%, respectivamente, muy superior al afrecho de trigo (57,2%). El coeficiente de digestibilidad energético de la soya alcanzó 75,4 kJ/g y la harina de lombriz 72,5 kJ/g. El porcentaje de proteína digerible de la harina de lombriz fue 63,4%, de la soya 48,3% y del afrecho de trigo 8,8%. La energía digerible fue superior en la harina de lombriz con 17,1 kJ/g, la soya con 14,9 kJ/g y el afrecho de trigo con 2,4 kJ/g. Se concluyó que la harina de lombriz es altamente digestible, proteica y energética en la alimentación de truchas (Isea et al., 2008).

En la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, en un experimento con tilapia (*Oreochromis* sp.), se demostró que el uso de un balanceado de harina de lombriz roja californiana permite las mismas ganancias diarias de peso e índice de conversión alimenticia en alevines, pero a menor costo comparado al balanceado comercial, recomendándose para conservar la calidad proteica, el secado con horno al vacío. Siendo la harina de lombriz un buen sustituto para la elaboración de balanceados proteicos acuícolas por su alto contenido de proteína cruda que alcanza el 51,22% (Lezcano Cerrud, y Borjas Ferrera, 2017).

En Riobamba (Ecuador), se consiguió una mayor ganancia de peso y conversión alimenticia en truchas alimentadas únicamente con lombrices comparado con un producto balanceado comercial y una mezcla de lombrices y vísceras de trucha (Zapata 2015).

Villa Ramírez y Bernal Medina (2021), en el municipio de Salento Quindío, Colombia, experimentaron con tres concentrados húmedos producidos a partir de ensilado de vísceras de trucha y tres concentrados comerciales, durante la fase de ceba; encontrándose que el alimento convencional presentó la mayor ganancia de peso, aunque estadísticamente no existen diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas, por lo que se considera como una alternativa proteica, en ganancia de peso, consumo de alimento, eficiencia proteica y conversión alimenticia.

En el Lago Titicaca, se probaron cuatro tratamientos de harina de vísceras de pollo, resultando que la combinación de un 75% de esta harina y 25% de harina de pescado en etapa juvenil de la trucha generó mayor ganancia de peso (2,6 kg), eficiencia alimentaria (69,4), conversión alimenticia (1,6) y ganancia media diaria (0,4) en relación al resto de tratamientos. En relación al beneficio/costo, todos los tratamientos expresaron beneficios, sin embargo, este tratamiento presentó mayor eficiencia alimenticia (Segovia, Mamani-Sánchez y Nova-Pinedo, 2021).

En el Cantón Cayambe, Ecuador, se demostró que la harina de sangre de bovinos tiene un alto contenido proteico. Con relación a la ganancia de peso, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos que incluyó un balanceado comercial. Con relación a la conversión alimenticia, tampoco existieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Quimbiamba Gualavisí, 2009), lo que indica que la harina de sangre de bovinos puede ser un sustituto a los alimentos comerciales.

Dietas minerales y vitamínicas

Los salmónidos, necesitan varios minerales para su estructura, osmorregulación y como cofactores en las reacciones metabólicas, destacando el fósforo, manganeso, zinc y cobre (Quishpe et al., 2020).

Hasta la fecha se desconoce el requerimiento exacto de minerales por los peces, pero se asume que la mayoría de los esenciales se obtienen del agua. Se ha confirmado que el suministro de un 4% de sal marina yodada en los piensos es beneficioso. Las trazas de yodo en la dieta son esencial en valores de 0,0006-0,0011 mg por kg de peso vivo (Morales, 2019).

En el centro piscícola "El Ingenio" (Huancayo), durante 40 días se evaluaron dietas basadas en vitamina E y selenio orgánico en truchas juveniles. Se usaron dos dosis de vitamina E (25 y 50 ppm) y tres dosis de selenio orgánico (0,15, 0,25 y 0,35 ppm). La dosis de 50 ppm de vitamina E y 0,35 ppm de selenio orgánico mejoró la conversión alimenticia, la ganancia de peso y la eficiencia proteica (Rodríguez & Rojas, 2014).

CONCLUSIONES

Hasta la fecha, la crianza de truchas depende principalmente de la harina y el aceite de pescado, así como, de la harina de soya por ser la mejor fuente de proteína y de otros elementos básicos para el crecimiento y desarrollo de esta especie. Sin embargo, existen varios estudios a nivel experimental en diversas partes del mundo que buscan reemplazar esta fuente de alimento.

Se está probando con vegetales, desechos de la misma trucha, algas, lombrices e insectos como fuentes alternativas. Todos los estudios revisados están en el nivel

experimental, no se cuenta con ninguno a nivel comercial que pueda vislumbrarse como una alternativa al uso de harina de pescado, la cual por el momento constituye el componente más significativo en los costos de producción, tanto por su procesamiento, como por la distancia para llegar a los centros de producción de trucha.

El costo de transporte eleva el precio del alimento y más aún si consideramos que la mayoría de criaderos pertenecen a pequeños productores sin acceso al crédito ni a una producción de gran escala que les permita reducir los costos de producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al programa de especialización en análisis de datos y redacción científica, financiado por el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura y la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEX (2018). Asociación de exportadores. Exportaciones del sector acuícola. <https://www.adexperu.org.pe/>.
- Alagawany, M., Taha, A. E., Noreldin, A., El-Tarabily, K., & E.Abd El-Hack, M. (2021). Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture*, 542.
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1, 1–11. <https://doi.org/10.21142/ss-0101-2020-003>
- Bilen, S., Abdalsalam, T., Altief, S., & Özdemir, K. Y. (2020). Effect of lemon balm (*Melissa officinalis*)

- extract on growth performance , digestive and antioxidant enzyme activities , and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol Biochem*, 471–481.
- Bustamante, L., Aranibar, M., Roque, B., & Rodríguez, F. (2016). Determinación de índices productivos de truchas arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas organicas en fase de engorde. *Ciencia Animal*, 1(2), 91–97.
- Carpio, E. E., & Ccopa, E. T. (2017). Escalas productivas y nivel de riesgo del productor de trucha. *Comunicacion*, 8(2), 81–93.
- Carrillo, J. A., Ávila, D., Hernández, L. H., Ángeles, O., & Fernández, M. A. (2018). Replacement of fish meal with corn gluten in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth and other physiological parameters. *Hidrobiologica*, 28(3), 257–263.
- Carrión, M. (2017). Costos de Producción y Rentabilidad de la Crianza de Trucha en la Empresa Multiservicios Freydana en la Laguna de Yaurihuiri-Ayacucho, 2016. In *Universidad Privada San Carlos*.
- Chura, R., & Mollocondo, H. (2009). Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca (Perú). *Revista Científica de La Sociedad Española de Acuicultura*, 31, 6–19. CIGEPI. (Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial). 2018. Trucha y Tilapia Aprovechamiento de subproductos. Boletín tecnológico. Bogotá, Colombia, 79 p.
- ComexPeru. (Jul 09 2021). Exportaciones del sector acuicultura crecieron un 34.7% en el periodo enero-mayo de 2021. Semanario 1081 - Comercio Exterior.
- Cossíos, D. (2010). Vertebrados naturalizados en el Perú: Historia y estado del conocimiento. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 179–189.
- Fabrikov, D., Barroso, F. G., Sánchez-Muros, M. J., Hidalgo, M. C., Cardenete, G., Tomás-Almenar, C., Melenchón, F., & Guil-Guerrero, J. L. (2021). Effect of feeding with insect meal diet on the fatty acid compositions of sea bream (*Sparus aurata*), tench (*Tinca tinca*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets. *Aquaculture*, 545(July).
- FAO. (2003). Visión general del sector acuícola nacional Perú.
- FAO. (2020). De La Pesca Y La Acuicultura. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 3, Issues 1–2).
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris. Guatemala, 39 p.
- FAO. (s.f.). Programa de información de especies acuáticas *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum,1792).
- FAO. 2009. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) [Salmonidae]. En hojas informativas sobre especies acuáticas cultivadas. Editado y compilado por Valerio Crespi y Michael New.
- Fawole, F. J., Labh, S. N., Hossain, S., Overturf, K., Small, B. C., Welker, T. L., Hardy, R. W., & Kumar, V. (2021). Insect (black soldier fl y larvae) oil as a potential substitute for fi sh or soy oil in the fi sh meal-based diet of juvenile rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*). *Animal Nutrition*, 7(4), 1360–1370.
- Goicochea Cruzado, A. (2014). Tradiciones Culinarias Sanmiguelinas San Miguel De Pallaques-Cajamarca. Biblioteca virtual Cajamarca. <https://fddocuments.es/document/tradiciones-culinarias-sanmiguelinas.html?page=20>
- Guevara, J. (2022). Desarrollo del comercio exterior pesquero y acuícola 2021. PROMPERU. Departamento de productos pesqueros. https://repositorio.promperu.gob.pe/bitstream/handle/20.500.14152/5657/productos_pesqueros_Desarrollo_Acuicola_2021_keyword_principal.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hartwich, F., Lienert, A., Siles, A., & Melgar, E. (2017). *La Cadena de Valor Acuicola Amazónica en Perú*.
- Hwang, D., Lim, C.-H., Lee, S., Goo, T.-W., & Yun, E.-Y. (2021). Effect of Feed Containing *Hermetia illucens* Larvae Immunized by *Lactobacillus plantarum* Injection on the Growth and Immunity of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Insects*, 12(9).
- Instituto del Mar del Perú [IMARPE] (2017). Informe técnico Estudio de la condición reproductiva de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en los ríos altoandinos de Cajamarca. http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/download_informe.php?archivo=92
- Isea, F., Blé, C., Medina, A. L., Aguirre, P., Bianchi, G., & Kaushik, S. (2008). Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la alimentación de trucha arco iris (*Onchorinchus mykiss*). *Revista Chilena de Nutrición*, 35(1), 62–68.
- Kaiser, F., Harloff, H. J., Tressel, R. P., Kock, T., & Schulz, C. (2021). Effects of highly purified rapeseed protein isolate as fishmeal alternative on nutrient digestibility and growth performance in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 27(5), 1352–1362.
- Kleeberg, F. (2019). Productividad y competitividad del sector acuícola en el Perú. In *Banco de Desarrollo de América Latina* (Primera).
- Lezcano Cerrud, J.F. y Borjas Ferrera, G.J. (2017). Optimización en la elaboración de harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente proteica en alimento para alevines de tilapia (*Oreochromis* sp.). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras, 2017. Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e57f3667-6330-4f26-89a0-0d318127838e/content>
- Loachamin, J. P. Q., Bermeo, M. D. U., Rodríguez, L. T. C., & Cervantes, L. P. (2020). Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(3), 31-53.
- López-Macías, J., & Salas-Benavides, J.

- (2021). Efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista MVZ Cordoba*, 26(1), 1–9. <https://doi.org/10.21897/RMVZ.1989>
- Ly, J. (2019). *Avances y retos en el sector pesquero peruano*. 34.
- Martin, P., Guerrero, B., Leon, J. P., & Valdivia, L. M. (2015). La acuicultura en el Perú: producción, comercialización, exportación y potencialidades. In W. Senior, M. Lemus, N. González, M. Rey-Méndez, & C. Lodeiros (Eds.), *Vii Foro Iberoamericano de Los Recursos Marinos y la Acuicultura* (pp. 293–305). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.1231.1.47520>
- Matute, G., Barrón, E., Morán, A., Murillo, J., & Rivera, J. (2008). *Truchicultura en la región Puno*.
- Mendoza, R., & Palomino, A. (2004). *manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas flotantes*.
- MINAGRI. (2016, March 25). *Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195*. 39.
- MINAM. (2015). *Servicio de exploración de la distribución de la trucha naturalizada en zonas priorizadas de Junín y Húanuco*.
- Ministerio de la Produccion (2010). *Elaboración de Estudio de Mercado de la Trucha en Arequipa, Cusco, Lima, Huancayo y Puno. - Estudio de determinación y Especificaciones de la Trucha*. [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/difusion-publicaciones/a\)%20DGA%20Jul10%20Especificaciones%20de%20la%20Trucha.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/difusion-publicaciones/a)%20DGA%20Jul10%20Especificaciones%20de%20la%20Trucha.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Linea de base de la trucha arcoiris con fines de bioseguridad en el Peru* (Ministerio del Ambiente (ed.); Primera).
- Montesinos, J. A. (2018). Diagnóstico Situacional de la Crianza de Truchas Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en centros de cultivo del Lago Titicaca [Universidad Peruana Cayetano Heredia]. In *Universidad Peruana Cayetano Heredia*.
- Morales, G. E. (2019). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Tipo: Trabajo Experimental* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería Zootécnica].
- Orna, E. (2010). *Manual de alimento balanceado para truchas*.
- PRODUCE. (2008). *Anuario estadístico pesquero y acuícola*. Ministerio de la Producción. Ministerio de La Producción. 79 p.
- PRODUCE. (2015). *Anuario estadístico pesquero y acuícola*, Ministerio de la Producción. Ministerio de La Producción. 79 p.
- Quimbiamba Gualavisí, e.f. (2009). *Crecimiento y eficiencia alimentaria de truchas "arco iris" (Oncorhynchus mykiss) en etapa de crecimiento, con sustitución parcial de alimento balanceado por sangre de bovinos, Cayambe – Ecuador 2008*. Tesis previa la obtención del título de ingeniero agropecuario. Universidad Politécnica Salesiana – Quito. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales Carrera de Ingeniería Agropecuaria.

- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6766/1/UPS-YT00045.pdf>
- Quiñones, J., Díaz, R., Dantagnan, P., Hernández, A., Valdes, M., Lorenzo, J. M., Cancino, D., Sepúlveda, N., & Farías, J. G. (2021). Dietary inclusion of *Durvillaea antarctica* meal and rapeseed (*Brassica napus*) oil on growth, feed utilization and fillet quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 530(August 2020), 735882.
- Quishpe, J. P., Uribe, M. D., Cervantes, L., & Pedraza, L. (2020). Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) según sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos (Alternative feeds to formulate for Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) according to their nutri. *Revista Eciatoriana de Ciencia Animal*, 4(3).
- Rainuzzo, J. (2020). *La cadena de valor de la trucha* (Primera). Fabrica de ideas.
- Ramirez-Gaston, J., Sandoval Méndez, N., & Vicente Cárdenas, K. (2018). Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. In *Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura: fundamentos y propuestas 2017-2022* (Primera ed).
- Rodríguez, H., & Rojas, S. (2014). *Efecto de dietas enriquecidas con vitamina E y selenio orgánico en el comportamiento productivo y calidad funcional del filete de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. 25(2), 213–225.
- Roque, E. R. (2015). *Determinación de costos de producción y rentabilidad de criaderos de truchas (Oncorhynchus mykiss) en jaulas flotantes del Distrito de Capachica-Puno*.
- Salinas-Castillo, J., & Alarcón-Vera, E. (2017). *Acuicultura: trucha una opción en el desarrollo de comunidades andinas* (Issue 2016). Universidad de Piura.
- Segovia, M.del C., Mamani-Sánchez, B. y Nova-Pinedo, M. (2021). Suplementación de harina de vísceras de pollo en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa juvenil, en San Pablo de Tiquina. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, vol.8, nº3, pág. 132-137, Diciembre 2021. ISSN: 2518-6868. <http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v8n3/2409-1618-riiarn-8-03-132.pdf>
- Terova, G., Gini, E., Gasco, L., Moroni, F., Antonini, M., & Rimoldi, S. (2021). Effects of full replacement of dietary fishmeal with insect meal from *Tenebrio molitor* on rainbow trout gut and skin microbiota. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1–14.
- Tomás-Almenar, C., Toledo-Solís, F. J., Larrán, A. M., de Mercado, E., Alarcón, F. J., Rico, D., Martín-Diana, A. B., & Fernández, I. (2020). Effects and safe inclusion of narbonne vetch (*Vicia narbonensis*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Towards a more sustainable aquaculture. *Animals*, 10(11), 1–19.
- Urbano, T. s.f. Cultivo de trucha. Agropedia. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-trucha/>
- Villa Ramírez, R.; Bernal Medina, L. F. (2021).

- Alimentación de trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) mediante ensilado químico de vísceras de trucha en la fase de ceba. *Revista EIA*, 18(35), Reia35005. pp.1-10.
<https://doi.org/10.24050/reia>
- Voorhees, J. M., Barnes, M. E., Chipps, S. R., & Brown, M. L. (2019). Bioprocessed soybean meal replacement of fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Cogent Food and Agriculture*, 5(1).
- Yancachajlla, L. (2017). Incidencia de los Costos de Producción en la Rentabilidad de la Crianza Artesanal de Truchas en Jaulas del Distrito de Conima en el Periodo 2014 – 2015. In *Tesis*.
- Yapuchura, A. (2006). *Producción y comercialización de truchas en el departamento de Puno y nuevo paradigma de producción* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Yapuchura, C. R., Mamani, S. E., Pari, D., & Flores, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoiris (*Oncorhynchus Mykiss*) en el costo de producción. *Comuni@cción*, 9(1), 68–77.
- Yucra, M. Á. (2021). *Efecto de la alimentación de truchas comerciales Oncorhynchus mykiss Walb con dietas de ensilados biológicos producidos a partir de vísceras de trucha* (Tesis de maestría). Escuela de posgrado. Maestría en Ecología-Universidad Nacional del Altiplano-Puno.
- Zapata Damacela A.I. (2015). Respuesta biológica de la trucha arcoíris frente a tres sistemas de alimentación (balanceado, lombrices de tierra y mixto). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería Zootécnica. Trabajo de titulación previa a la obtención del título de ingeniero zootecnista Riobamba – Ecuador.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5219/1/17T1305.pdf>
- Zárate M., I., Sánchez P., C., Palomino C., H., & Smith D., C. (2018). Caracterización de la crianza de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(4), 1310–1314.

Recibido: 16-08-2022 Aceptado: 15-11-2021 Publicado: 23-12-2022