



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

TITULO DEL TRABAJO PRÁCTICO

Revisión bibliográfica sobre la utilización de espirulina como
suplemento en la dieta de alevines de trucha arcoíris
(*Oncorhynchus mykiss*).

TRABAJO PRÁCTICO

Previo a la obtención del título de:
Biólogo Marino

Autor:

Alexandra Micaela Solis Rivera

Tutor:

Blga Dadsania Rodríguez Moreira, M.Sc.

La Libertad – Ecuador

2022

TRIBUNAL DE GRADO



firmado electrónicamente por:
MAYRA MAGALI
CUENCA ZAMBRANO

Blga. Mayra Cuenca Zambrano, MSc.

Decana

Facultad Ciencias del Mar

Ing. Jimmy Villon Moreno, M.Sc.

Director

Carrera de Biología Marina

Blga. Dadsania Rodríguez, M.Sc.

Docente-Tutor

Blgo. Douglas Vera Izurieta, M.Sc.

Docente de Área

AGRADECIMIENTO

Le doy las gracias a Dios por haberme bendecido con una familia que siempre ha creído en mí y me ha apoyado, además de siempre brindarme una buena enseñanza acerca de la ética, humildad y de los sacrificios.

A mis padres por ser un pilar fundamental, sin su apoyo y la confianza que siempre han mantenido sobre mí, no hubiera podido continuar cada etapa de mi vida y culminar este largo proceso.

A la Universidad y docentes que han estado presentes en mi camino y formación profesional.

A la Blga. Dadsania Rodríguez por su orientación y contribución para finalizar este trabajo y conseguir este logro.

ABSTRACT

Currently, crops require a balanced diet rich in nutrients, mainly protein, however, the purchase and production of feed or artificial feed represents high costs, so getting good quality food that provides all the essential nutrients is expensive. Spirulina (*Arthrospira platensis*) is a cyanobacterium with a high content of protein, fatty acids, carotenoids and minerals, essential for feeding fish. An investigation was carried out with the help of research documents, journals, university platforms (ESPE, ScienceDirect, National Library of Medicine and NCBI), articles and web platforms (Researchgate) that facilitated the collection of information on food supplements based on microalgae. Therefore, this information explains the importance and benefits it has as a nutritional and essential source provided by the microalgae and therefore favorable results are obtained where the effects caused by the inclusion of *A. platensis* in the base diet give as results, reducing mortality the spirulina diet was shown to improve digestibility and increase their sperm yield in male *Orchorincus mykiss* trout.

Keywords

Food supplement, nutritional requirement, crops, *Atrhospira platensis*, Rainbow trout

RESUMEN

En la actualidad los cultivos requieren una dieta balanceada y rica en nutrientes principalmente en proteínas, sin embargo, la compra y producción de piensos o alimento artificial representa costos altos por lo que conseguir alimentos de buena calidad que proporcionen todos los nutrientes esenciales es costoso. La espirulina (*Arthrospira platensis*) es una cianobacteria con alto contenido de proteína, ácidos grasos, carotenoides y minerales, esenciales para la alimentación de peces. Se realizó una investigación con ayuda de documentos de investigación, revistas, plataformas universitarias (ESPE, ScienceDirect, National Library of Medicine y NCBI), artículos y plataformas web (Researchgate) que facilitaron la recopilación de información sobre suplementos alimenticios a base de micro algas. Por lo tanto, esta información explica la importancia y los beneficios que tiene como fuente nutricional y esencial que proporciona la microalga y por consiguiente se obtienen resultados favorables donde los efectos que causa la inclusión de la *A. platensis* a la dieta base da como resultados, reducir la mortalidad se demostró que la dieta de espirulina mejora la digestibilidad y aumenta su rendimiento de esperma en los machos de la trucha *Orchorincus mykiss*.

Palabras clave

Suplemento alimenticio, requerimiento nutricional, cultivos, *Atrhospira platensis*, Trucha arcoiris

ÍNDICE

CAPITULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 Problemática.....	4
1.3 Justificación	6
CAPITULO II.....	8
MARCOTEORICO	8
2.1 Generalidades de la nutrición en peces.....	8
2.2 Requerimientos nutricionales de un cultivo.....	8
2.3 Nivel proteínico de un cultivo de peces.....	9
2.4 Tipos de dieta en cultivos acuícolas	9
2.4.1 Alimento artificial.....	10
2.4.2 Alimento natural o alimento vivo	11
2.4.3 Alimento suplementario	11
2.5 Cianobacterias	12
2.5.1 Características del género <i>Arthrospira</i>	13
2.5.2 Usos de la espirulina (<i>Arthrospira</i>).....	13
2.5.3 Usos de la espirulina (<i>Arthrospira</i>) en peces.....	14
2.5.4 Características de <i>A. platensis</i>	16
2.6 Generalidades de la Trucha arcoiris (<i>O. mykiss</i>)	17
2.6.1 Características <i>O. mykiss</i>	17
CAPITULO III.....	19
METODOLOGÍA	19
2.4 Tipo de investigación.....	19
2.5 Enfoque de la investigación	19
2.6 Material de estudio utilizado	21
CAPITULO IV.....	23

ANÁLISIS Y COMPARACIÓN	23
2.4 Importancia de la espirulina basada en las fuentes bibliográfica encontradas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4 Fundamentación de los beneficios fisiológicos del uso de la espirulina en la dieta de alevines	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Costo beneficio de una dieta basada en espirulina y una dieta basada en suplementos alimenticios.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO V.....	32
5.1 Conclusión.....	32
Bibliografía.....	34
ANEXOS	37

Índice de tabla

Tabla 1 Descripción del nivel proteínico optimo en la dieta (FAO, 2014).	9
Tabla 2 Descripción de la composición bioquímica del suplemento alimenticio obtenido a partir del género <i>Arthrospira</i>	12
Tabla 3 Descripción de los aminoácidos y la función biológica en peces	15
Tabla 4 Escala taxonómica de <i>A. platensis</i>	16
Tabla 5 Escala taxonómica de <i>O. mykiss</i>	18
Tabla 6 Descripción bibliográfica de resultados sobre la inclusión de <i>A. platensis</i> en la trucha arco iris	21
Tabla 7 Cuadro comparativo entre porcentaje (%) Dieta base con inclusión de espirulina (<i>A. Platensis</i>) y dieta base. Porcentaje (%), Ganancia de peso (GP), Tasa de crecimiento específica).	28
Tabla 8 Descripción de las ventajas y desventajas de uso de la espirulina al emplearse como única dieta y como suplemento alimenticio en cultivos de trucha arco iris (<i>O. mykiss</i>).....	29
Tabla 9 Descripción de las ventajas y desventajas de uso de la espirulina como suplemento.....	30
Tabla 10 Descripción de las ventajas y desventajas relacionadas con el control de calidad.....	30
Tabla 11 Descripción del contenido nutricional y el porcentaje de dieta base a suministrar a la trucha por estudios.....	38

INDICE DE IMÁGENES

imagen 1 Observación de <i>A. platensis</i> en microscopio.....	16
imagen 2 Ejemplar de <i>O. mykiss</i>	18
imagen 3 Mortalidad en porcentaje de alevinos de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) sometidos a diferentes niveles de inclusión de espirulina durante 90 días.	37
imagen 4 Nivel de glucosa en plasma de la trucha arco iris alimentada con dietas que difieren en la cantidad de espirulina indican diferencias estadísticas entre puntos de tiempo después del estrés dentro del mismo grupo y las letras minúsculas indican diferencias estadísticas entre los grupos en un punto de tiempo específico después del estrés	37

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La práctica de la acuicultura se centra en la cría de especies acuáticas como moluscos, peces, crustáceos y plantas, ya sea en aguas marinas o aguas continentales. En el año 2012 se registró que el 98% de la población practicaba la acuicultura, pero solo un 40% contaba con marcos legislativos e institucionales, que a partir del 2018 varios países a adoptarlos (FAO, 2020).

La actividad acuícola en el Ecuador inició en 1932, en la región Sierra cuando se buscaba repoblar lagos y ríos, introduciendo a la especie trucha arco iris o plateada (*Salmo gairdneri*) que también hace referencia con el nombre *Oncorhynchus mykiss* (Alvarez Galvez, 1984). Convirtiéndose en una importante industria a nivel regional y global que ha sido representada principalmente por el cultivo de camarón en todos sus ciclos, actividad que se realiza desde hace 50 años, siendo el primer producto exportable ecuatoriano en el mundo ocupando actualmente el segundo lugar (GASECSA, 2018). Según la Subsecretaría de Recursos Pesqueros había registrado un total de 2006 camaroneras, 312 laboratorios de larvas, 21 fábricas de alimento balanceado y 76 plantas procesadoras (FAO, 2021).

Sin embargo, en 1999 el cultivo de camarón fue afectado por el virus de la mancha blanca, afectando negativamente a la producción causando un impacto a la economía y reduciendo las plazas de trabajo (Casado, 2017). Lo que permitió que la acuicultura comenzara diversificarse principalmente hacia el cultivo de tilapia, haciendo que durante en el año 2000 – 2016 esta diversificación solo permitiera que los niveles de producción del Ecuador bajen en un 5% (FAO, 2018).

Es claro que más del 95% de la acuicultura ecuatoriana se concentró en la producción de camarón marino del género *Litopenaeus*, pero seguido de esto se encuentra la acuicultura continental, donde la tilapia ha crecido y actualmente su producción se estima en 3 toneladas métricas por año, así también el camarón

se mantiene al Ecuador como el segundo productor en el mundo (Avendaño, 2018).

La acuicultura continental en el Ecuador en la costa está enfocada en especies de agua dulce como la tilapia mientras en la región interandina esta actividad tiene mayor auge, con cultivos de la trucha Arco Iris.

Se han realizados diversos estudios que permitan encontrar alimentos para suministrar una balanceada y rica en nutrientes principalmente en proteínas a especies del sector acuícola, pero aún se continúan investigando alternativas alimenticias para cubrir la falta de nutrientes que requieren las especies de acuícolas para su desarrollo (Galicia & Osorio, 2018). Es así que a lo largo de los años la implementación de alimentos balanceados y alimentos suplementarios o complementarios han favorecido de manera productiva a los cultivos, un claro ejemplo es el uso de la espirulina (Diaz & Leon, 2014).

La espirulina posee propiedades beneficiosas para las especies acuícolas, ya que contienen nutrientes necesarios que mejoran el mecanismo digestivo de los peces y camarones, contribuyen con: el aumento de peso, inmunidad óptima y mejores tasas de crecimiento (M, Elmer, & F., 2019). En países desarrollados como EE. UU, México y Japón la espirulina es utilizada como alimento para el ser humano y en un 50% se emplea para la nutrición de los cerdos que en poco tiempo ayuda al aumento de talla y peso al aplicar entre treinta y cuatro gramos por día (NutriNews, 2018).

La espirulina se obtiene a partir de especie de genero *Arthrospira*, esta microalga o cianobacteria, como alimento complementario para la acuicultura provocan un acelerado crecimiento, una rápida respuesta inmune, debido a la alta cantidad de vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y carotenoides, este actúa como efecto antioxidante. Además de esto, posee propiedades inhibitoras que ayudan a combatir microorganismos patógenos, incrementando las tasas de supervivencia (Hermoso, 2016). Es considerado un ingrediente de muy bajo precio, pero con altos niveles de proteína, que pueden igualar o ser más altos

que los niveles proteínicos de ingredientes de origen animal (Lozano & Ramírez, 2014).

Una gran cantidad de microalgas se cultivan para ofrecer como alimento vivo en cultivos marinos y de agua dulce, por lo general se utilizan especies que poseen buenos porcentajes nutricionales para suministrarse como alimento suplementario o dieta única, no obstante, en la trucha Arco Iris, así como otras especies en las primeras etapas de vida requieren dietas enriquecidas en nutrientes (Diaz & Leon, 2014). *A. platensis* tiene grandes aportes nutricionales que al agregarse como alimento suplementario podría generar buenos aportes, sin embargo, esta información para muchos acuicultores y quizás para investigadores podría ser aún desconocida, debido a que aún no existe suficiente información que explique que esta microalga brinda altos niveles proteicos y lipídicos a alevines de trucha Arco Iris (Raul, 2017).

Por lo tanto, esta investigación se enfocó en realizar una fundamentación acerca de los efectos de la espirulina (*Arthrospira platensis*) como suplemento en la dieta de alevines de la trucha arco iris (*Orchorincus mykiss*) determinando la importancia comercial de uso por medio de una investigación documental (Babaei & Kenari, 2020).

1.2 Problemática

El desarrollo de la acuicultura en el Ecuador cada vez toma mayor importancia ya que su creciente aumento ha forzado a los productores a desarrollar diferentes técnicas, métodos y protocolos que favorezcan la producción de este sector acuícola. Es así que, para la obtención de productos de calidad, se busca un alimento que cumpla con todos los requerimientos nutricionales de los organismos de cultivo. Sin embargo, para ofrecer a los consumidores productos de calidad es necesario implementar una dieta adecuada a especies de cultivo como en el caso de la trucha arco iris (*Orchorincus mykiss*), considerando su alimentación desde que se encuentran en su etapa de alevinaje. La trucha arco iris es una especie introducida en el Ecuador, conocida por ser una especie altamente comercial que es consumida a nivel nacional e internacional. Se caracterizan por habitar en ambientes de climas fríos, sin embargo, esta especie se adapta a cualquier hábitat, en nuestro país la sierra ecuatoriana es la región con mayor producción de la especie.

En la actualidad se han la espirulina no ha alcanzado el total reconocimiento como un aporte nutricional en la trucha arco iris, que contribuye al crecimiento y refuerza el sistema inmune. Desde el punto de vista tecnológico el valor nutricional de la espirulina (*Arthrospira platensis*) es esencial, no obstante, información sobre la misma se encuentra limitada o dispersa. Hermoso (2016) indicó que aún se desconocen los beneficios que podría aportar como suplemento alimenticio en el cultivo peces, en este caso a la trucha arco iris, una especie de alto valor comercial principalmente en comunidades que consumen la carne de este pez.

Cabe indicar que una gran variedad de microalgas se incluye en la dieta de organismos de cultivo, muchas de estas poseen nutrientes esenciales que no siempre logran absorberse, es por ello que sin importar el suplemento que se suministre, los requerimientos nutricionales necesarios no son alcanzados. Debido a que se desconocen los principales beneficios que aporta la espirulina como suplemento, los estudios realizados hasta el momento no demuestran

que en la etapa de alevinaje se requiere un alto nivel en proteína y lípidos para su desarrollo.

Se reconoce a la tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) como una especie altamente comercial que se produce en la costa del Ecuador, estudios realizados por Rincón (2012) reconocen la importancia de la inclusión de la espirulina en la dieta diaria para aumentar su crecimiento y obtener mejores resultados de producción. En la región amazónica la especie cachama (*Colossoma macropomum*) tiene una alta demanda por parte de la ciudadanía y el factor de engorde y crecimiento tiene una gran importancia, Ribeiro et al (2019) propuso el incremento de dosis de espirulina (*A. platensis*) a la dieta base de la cachama, mostrando buenos resultados, incrementando el peso del pez, sin embargo, el enfoque de este estudio en la trucha arco iris no solo hace referencia al engorde y crecimiento del pez sino en los beneficios que aporta a la trucha arco iris a un nivel generalizado ya que en el ámbito comercial esta especie es muy solicitada por la exquisitez de su carne y el brillo único que posee su piel al tener contacto con una luz.

1.3 Justificación

La trucha arco iris a nivel mundial ha tenido múltiples aplicaciones para el ser humano, en la industria de cosméticos (cremas, tónicos y geles), industria farmacéutica (la extracción del cartílago acuoso de la trucha contiene proteoglicano y ácido uránico) y la industria alimenticia (cuenta con un alto valor proteico que fortalece y acelera el crecimiento de músculos) Agrotendencia (2018).

Existen microalgas que se utilizan el sector acuícola como; *Chlorella* que es bajo en costo, pero carece de HUFA, *Tetraselmis* es bajo en costos y tiene un alto contenido de taurina para algas, pero es deficiente en proteínas en comparación a la *A. platensis* que tiene más tendencia en el mercado por su bajo valor en costos y su alto perfil en proteínas (Industria Acuicola, s.f.).

Desde el punto de vista tecnológico los valores nutricionales de la espirulina (*Arthrospira platensis*) son esenciales. La información es limitada; se desconocen datos acerca de los beneficios que aporta esta microalga como suplemento alimenticio a la trucha arco iris, Guallichicomin et al (2018). El doctor Ortiz (2017) indica en sus estudios la importancia de la inclusión de la espirulina en la dieta de alevines de la trucha arco iris, mediante la alimentación la muscular de la trucha aumenta. Por esta razón, el presente estudio se enfocó en la fundamentación de los efectos y beneficios de la espirulina como suplemento al incluirse en la dieta para cultivos de trucha arcoíris determinando la importancia de su uso, que eficazmente explicará la necesidad de agregar la espirulina como alimento suplementario.

1.4 Objetivo general

Fundamentar los efectos de la espirulina (*Arthrospira platensis*) como suplemento en la dieta de alevines de la trucha arco iris (*Orchorincus mykiss*) determinando la importancia comercial de uso por medio de una investigación documental.

1.5 Objetivos específicos

- Analizar las propiedades nutritivas del uso de la espirulina *Arthrospira platensis* detallando los beneficios del suplemento utilizado en cultivos acuícolas.
- Comparar los efectos ocasionados entre una dieta con inclusión de espirulina (*Arthrospira platensis*) y una dieta base de la trucha (*Orchorincus mykiss*) que contribuya con el crecimiento de alevines.
- Diferenciar las ventajas y desventajas del uso de la espirulina en la dieta de trucha arco iris reconociendo su factibilidad en el mercado.

CAPITULO II

MARCOTEORICO

2.1 Generalidades de la nutrición en peces

En los últimos años, ha surgido el interés por buscar métodos que contribuyan a la nutrición de las diferentes especies de crustáceos, peces, moluscos, equinodermos y otras en general, que se caracterizan por su adaptabilidad al someterse a cultivos acuícolas (Guerra & Aguilera, 2017). Ceballos (2006) indica en su literatura que muchas especies de salmónidos, el bagre de canal, el camarón blanco del pacífico, cachamas, tilapias, bagre africano, cíclidos latinos y langostinos son especies utilizadas en diferentes cultivos acuícolas y piscícolas que necesitan cumplir los requerimientos nutricionales esenciales para su óptimo desarrollo PokniAkr, (2007).

Por otra parte, en el sistema de cultivo semi intensivo pueden utilizarse una técnica de fertilización y alimentación complementaria, para ello los insumos alimenticios empleados en la acuicultura deben estar bien balanceados o tener un buen equilibrio, además de poseer altos contenidos en proteína (Gomez, 2020).

2.2 Requerimientos nutricionales de un cultivo

Las especies sometidas en cultivo requieren tasas nutricionales esenciales para cumplir con un estándar específico para comercializarse a nivel internacional, entre ellas se reconoce que el producto debe ser de buena calidad, presentar un buen aspecto y tamaño, y la presentación debe ser idónea para que los consumidores adquieran el producto en los diferentes mercados (FAO, 2002).

Los nutrientes esenciales que una especie sometida a cultivo se basan en el consumo de proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas. Los requerimientos nutricionales no varían entre especies y entre las escasas variantes visibles que se pueden manifestar se encuentran, el aumento o disminución de ácidos grasos. No obstante, algunos peces pueden requerir en

su dieta hasta el 55% de proteína cuando se encuentran en el periodo de engorde, además requieren de al menos 10 aminoácidos dietéticamente esenciales que se pueden utilizar como fuente de energía junto con los ácidos grasos (Gomez, 2020).

2.3 Nivel proteínico de un cultivo de peces

Los niveles proteicos de las especies varían dependiendo de la etapa o edad de los peces (alevines 15-10% y juveniles 10-08%). En la tabla 1 se pueden observar los niveles proteicos requeridos para la trucha arcoíris, cuando es sometida a cultivo. Cabe indicar que la trucha es una especie adaptable a otros ambientes, por lo que estos peces requieren los mismos niveles proteicos (Tabla 1) cuando se encuentran en ambientes tropicales, subtropicales o templados (FAO, 2014).

Tabla 1 Descripción del nivel proteínico óptimo en la dieta (FAO, 2014).

Nivel proteico requerido para la dieta	
Proteína	31,39%
Grasa	5,5%
Fibra	5,0%
Ceniza	10,0%
Energía	2 684 kcal/k

2.4 Tipos de dieta en cultivos acuícolas

El alimento suministrado a las diferentes especies utilizadas en la acuicultura a nivel mundial se aplica bajo ciertos criterios esenciales, que permitirán el desarrollo óptimo cuando se encuentran en cultivos (FAO, 2018). En primer lugar, se debe considerar el tipo de especies seleccionada, modo de vida y tipo de alimentación en el hábitat natural. Muchas especies principalmente de peces, como la trucha arcoíris, se caracterizan por tener una alimentación omnívora lo que facilita suministrar una dieta elaborada a base de proteína vegetal o una dieta elaborada a base de proteína animal (Tacon, 1989).

Para determinar el tipo de dieta a la que se mantendrán las especies acuáticas que se encuentren en cultivo, se han realizado evaluaciones simultáneas entre alimentos para humanos y para animales que han permitido investigar y mantener un ambiente natural simulado para que las especies se sientan en confort y libertad. Esto desarrollo una clasificación de tipos de dieta que se comprende entre alimento artificial, alimento natural y alimento suplementario (FAO, 2014).

2.4.1 Alimento artificial

El alimento artificial tiene como objetivo la mezcla de varios ingredientes en distintas calidades y proporciones nutricionales, que permitan obtener dietas completas y balanceadas con el fin de complementar el perfil nutricional de cada especie en cuestión. Es necesario conocer la fisiología digestiva de la especie con la que se va a trabajar para así cumplir con los parámetros nutricionales requeridos (Sánchez, 2015).

El alimento artificial, balaceado o pienso debe tener propiedades físicas como la flotabilidad o hundimiento, textura y color ya que debe de ser atractivo y deseable a vista del consumidor. Los piensos destinados para especies acuícolas se elaboran a partir de ingredientes de origen vegetal y animal. La presentación de estos se conoce como pellets caracterizados por su forma (redonda, ovalada, rectangular, cilíndrica o cuadrada) y su composición sólida o seca (Sánchez, 2015).

Una de las principales ventajas del alimento artificial es que se puede ser almacenado por largo tiempo y no presentar algún daño ya que sus mezclas concentradas son realizadas con menos del 10% de humedad. Otra ventaja es que se puede controlar el consumo del pienso dependiendo de la etapa en la que el organismo se encuentra y así establecer un registro (Velasco & Gutiérrez, 2019).

2.4.2 Alimento natural o alimento vivo

En la actualidad la acuicultura ha desarrollado varias investigaciones que le han permitido encontrar especies principalmente de planctónicas (fitoplancton y zooplancton) que pueden ser utilizadas en la alimentación de otras especies que se someten a cultivo y se conocen por su gran demanda en mercado. Gracias a los valores nutricionales que el alimento vivo les proporciona a los organismos cultivados, favoreciendo el crecimiento y engorde. Cabe mencionar que el plancton se utiliza como alimento vivo o natural debido a la facilidad de encontrarlos y la abundancia de este en todo el mundo. Además de esto, según el tamaño, ciclo de vida y movilidad, las especies cultivadas requieren un tipo determinado de plancton (Torretera-Blanco & Tacon, 1989).

Por medio de este método de alimentación los peces y crustáceos obtendrán un rápido crecimiento, ya que el alimento vivo proporciona micro y macronutrientes presentando un balance de ácidos grasos y aminoácidos, los cuales se requieren principalmente en la etapa de larvaria o alevín. Entre las especies utilizadas como alimento natural o vivo, se encuentran: *Artemia franciscana*, *Daphnia pulex*, *Daphnia daphnia*, *Eisenia foetida*, Género *Spirulina*, *Moina macrocopa*, *Brachionus plicatilis* y *Tubifex tubifex* (Guevara, 2007).

Una de las principales razones por las que se prefiere suministrar alimento vivo en lugar de alimento artificial, es que este le permite al organismo que desarrolle sus habilidades de nado y destrezas al cazar a su presa, manteniéndolo así en alerta y en actividad, haciendo que su mejora sea más rápido y completo (GALICIA, 2018).

2.4.3 Alimento suplementario

El alimento suplementario ayuda en los cultivos acuícolas cuando el alimento natural suministrado a las especies carece de nutrientes en estanques fertilizados, comúnmente se recurre a este método en sistemas de cultivo semi-intensivo. Los alimentos suplementarios generan significativos incrementos en la productividad de peces y crustáceos. Estos una dieta suplementaria aplicar con

cuidado y se debe considerar el contenido nutricional que poseen los ingredientes de la dieta, es decir, su composición bioquímica. Por ejemplo, el suplemento alimenticio que se elabora a partir de *Arthrospira* (Tabla 2) se puede suministrar en cultivos acuícolas. Los alimentos suplementarios o complementarios pueden ser a base de solo un ingrediente o de la combinación varios ingredientes que se pueden mezclar y proveer en la dieta.

Tabla 2 Descripción de la composición bioquímica del suplemento alimenticio obtenido a partir del género *Arthrospira*.

<i>Composición bioquímica</i>	
<i>Proteínas</i>	Ácidos fenólicos, tocoferoles, carotenos y ácidos linolénico: 60 – 70 %
<i>Carbohidratos</i>	Glucosa, sacarosa: 15-21%
<i>Ácido nucleico</i>	ARN: 2.2 – 3.5% ADN: 0.6 – 1%
<i>Ácidos grasos esenciales</i>	(PUFAs): 1.5-2.0% del total de lípidos.
<i>Vitaminas</i>	Contiene vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (nicotinamida), B6 (piridoxina), B9 (ácido fólico), B12 (cianocobalamina), vitamina C, Vitamina D y vitamina E.
<i>Caroteno</i>	Las vitaminas del grupo B, la vitamina E, el hierro, el potasio y la clorofila, ayudan a promover el metabolismo de los carbohidratos.
<i>Minerales</i>	K – Cr – Fe – Mo – Cr – Cu – P – Mn – Se – Ca – B – Mg
<i>Pigmentos fotosintéticos</i>	Clorofila – Betocaroteno – Xantofila – Zeaxantina – Cantaxantina – Diatoxantina
<i>Reforzadores Naturales de pigmentos</i>	Ficocianina en un 14% Clorofila en un 1% Carotenoides con un 47%

Autor: (Hermoso, 2016).

2.5 Cianobacterias

Si bien se conoce las cianobacterias son desprovistos de membrana nuclear y mitocondrias, se diferencian de otros procariontes debido a la composición de ácidos grasos, no saturados, y con más de dos enlaces. Poseen clorofila -a y fotosistema II (PS-II), así también están incluidos en los tilacoides e íntimamente ligados al sistema clorofílico. Las cianobacterias se conocen por su capacidad para asimilar el carbono a través del ciclo de Calvin y almacenamiento de energía y carbono en forma de glucógeno (AQUAFEED, 2021).

Generalmente las cianobacterias se desplazan por líquidos, gracias a que poseen filamentos, por deslizamiento de hasta 25 micras por segundo mediante microfibras. La reproducción se da por escisión simple o múltiple, por gemación o por fragmentación. Sin embargo, varias especies producen células especializadas (acinetos) los cuales resisten a altas y bajas temperaturas y finalmente puedan germinar en condiciones favorables. Entre las especies más conocidas dentro del grupo se encuentran los géneros de: *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Nostoc*, *Microcystis*, entre otras.

El género *Spirulina* (Turpin 1829) del orden Chroococcales, anteriormente incluía a las especies *Arthrospira platensis* y *Arthrospira máxima*, no obstante, en la actualidad las dos especies se ubican dentro del género *Arthrospira* (Stizenberger 1852) del orden Oscillatoriales, que es el género de cianobacterias conocido actualmente por utilizarse en la elaboración de suplementos alimenticios nutricionales (M, Elmer, & F., 2019). Cabe mencionar que debido a que el género espirulina incluía las especies *A. platensis* y *A. máxima*, el nombre del suplemento es conocido como espirulina (o *spirulina*).

2.5.1 Características del género Arthrospira

Arthrospira es un género que agrupa especies de cianobacterias o algas verdes azules que se incluyen en el orden Oscillatoriales. Los organismos del género se constituyen por filamentos pluricelulares, que se enrollan en forma de hélice levógira, y además flotan libremente en la columna de agua, por lo general en ambientes tropicales y subtropicales, como lagos alcalinos ricos en carbono, como bicarbonato y carbonato.

Arthrospira platensis habita en aguas del continente de África, Sudamérica y Asia. Por otro lado, la especie *Arthrospira máxima*, se encuentra principalmente en América Central. Y solo *Arthrospira pacifica* es una especie originaria o endémica del estado de Hawaii de EE. UU. (Lozano & Ramírez, 2014).

2.5.2 Usos de la espirulina (Arthrospira)

La espirulina se caracteriza por tener un alto valor nutricional, principalmente de proteína. El uso de espirulina como alimentación en cultivos acuícolas se conoce porque no posee toxina que afecten o provoquen enfermedades en los peces o especies que la consuman en su dieta. Se ha llegado a incluir en dietas del ser humano, ya que se considera una fuente importante y directa del ácido gamma linoleico, su uso es recomendable para personas hipertensas y pacientes con tensiones premenstruales, pues resulta más económico debido a que contiene ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6, clorofila, fitoquímicos, 8 aminoácidos esenciales (EcoInventos, 2021).

2.5.3 Usos de la espirulina (*Arthrospira*) en peces

La espirulina actúa como un inmunomodulador eficaz ya que presenta propiedades antiinflamatorias e inhibe la liberación de mastocitos mediante las reacciones alérgicas. Por otra parte, posee propiedades antivirales y anticancerígenas que mejora el tracto intestinal y promueve al desarrollo de células fagocíticas. Se utiliza regularmente como alimento suplementario o complementario en cultivos de peces y crustáceos, que ayuda a inhibir la propagación de virus (AQUAFEED, 2021). Este alimento es conocido por la buena composición bioquímica (Tabla 2) que posee, como por el hecho de ser rico en polipéptido azul (ficocianina).

A partir de la espirulina (*Arthrospira*) se puede obtener un extracto conocido como Calcio-Spirulan que hace referencia a una molécula de azúcar polimerizada de calcio y azufre, y funciona ayuda a peces en tratamientos por enfermedades promovidas por el Herpesvirus Koi (herpesvirosis de la carpa koi), el Calcio-Spirulan actúa para que el virus no pueda replicarse, disminuyendo el contagio y eliminándolo al subir las defensas de los peces infectados. La espirulina posee polisacáridos únicos que ayudan a mejorar la actividad enzimática celular y la síntesis de reparación del ADN (Honores & Izquierdo, 2019).

Pamulapati (2013) ha indicado en su estudio que los peces de agua dulce y agua salada y el camarón promueve al apetito e incrementa un comportamiento

haciéndolos más activos, además las especies que consumen este alimento muestran tonos más vivos o aspectos con colores más llamativos. De esta manera se ha demostrado que la *Spirulina* mejora la fecundidad y eleva la tasa de eclosión en el desove, además aumenta la tasa de supervivencia de los peces y crustáceos más jóvenes.

A continuación, se describen los aminoácidos y la función biológica en peces y camarones:

En la tabla 3 se resumen los aminoácidos esenciales para el desarrollo y crecimiento de peces, aumentando su resistencia contra enfermedades patógenas, lo cual favorece al pez desde que se encuentra en etapa alevín hasta llegar a la etapa reproductiva, que a su vez se estimular al someterse a una dieta rica en aminoácidos, elevando los niveles de producción de esperma y mejorando su calidad.

Tabla 3 Descripción de los aminoácidos y la función biológica en peces

Aminoácidos	Función biológica en peces
<i>Isoleucina</i>	Óptimo crecimiento y ayuda para mantener el equilibrio del nitrógeno y ayuda para sintetizar a otros aminoácidos no esenciales.
<i>Leucina</i>	Aumento energía.
<i>Metionina</i>	Metabolizan grasas y lípidos, mantienen y protegen al hígado de enfermedades.
<i>Lisina</i>	Generan anticuerpos en la sangre y fortalece el sistema circulatorio y ayuda a que no se generen enfermedades y a combatirlas.
<i>Treonina</i>	Repara y mejora la capacidad intestinal.
<i>Valina</i>	Estimula la coordinación muscular.

2.5.4 Características de *A. platensis*

A. platensis se trata de una especie de cianobacteria caracterizada por presentar filamentos pluricelulares, también se la conoce por ser un alga verdeazulada filamentosa gramnegativa. Es una especie fotoautótrofa sin fijación de nitrógeno. Es conocida como espirulina, nombre que se le asignó cuando se incluía en el género *Spirulina*, por el motivo que el extracto que se obtiene a partir de *Arthrospira platensis* también se denomina espirulina hasta la actualidad. Habita en lagos de aguas alcalinas de ambientes tropicales y subtropicales. En la tabla 4 se describe la escala taxonómica de esta especie.

Tabla 4 Escala taxonómica de *A. platensis*

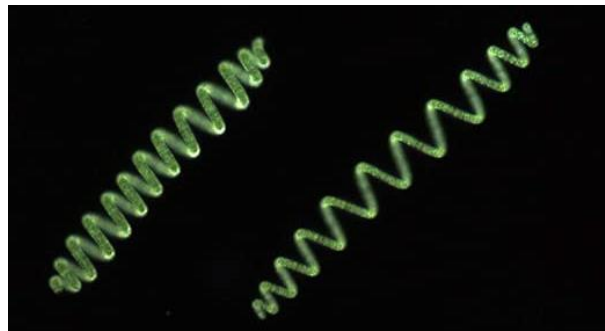


imagen 1 Observación de *A. platensis* en microscopio.

Fuente: Amazon, 2021

Dominio: Bacteria

Phylum: Cyanobacteria

Clase: Cyanophyceae

Orden: Oscillatoriales

Familia: Microcoleaceae

Género: *Arthrospira*

Especie: *Arthrospira platensis*, Gomont 1892

2.6 Generalidades de la Trucha arcoíris (*O. mykiss*)

La trucha arcoíris (*O. mykiss*) se caracteriza por ser un pez eurihalino de agua dulce y de mar, es parte de la familia Salmonidae (salmónidos). Se distribuye nativamente en el norte del océano Pacífico, pasa desde Japón por el mar de Bering hasta Baja California en México. No obstante, se ha introducido artificialmente en muchos lugares del mundo por el hombre, por lo que según Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se conoce como *especie exótica invasora dañina*.

2.6.1 Características *O. mykiss*

Esta especie alcanza una longitud máxima que oscila los 60 hasta 120 cm. Posee entre 3 a 4 espinas en la aleta dorsal. Por otro lado, los machos adultos o reproductores no muestran cambios morfológicos en la cabeza ni en el resto del cuerpo, por lo que no son tan llamativos como los machos de otras especies que se ubican en el mismo género. Su coloración puede variar de acuerdo con el hábitat y el tamaño, por ejemplo, los ejemplares que habitan permanentemente en ríos suelen ser más oscuros, que es muy similar a coloración de peces los anádromos de edad reproductiva. En cambio, los peces que habitan en lagos tienen una coloración más clara en su cuerpo. En la tabla 5 se describe escala taxonómica de la especie.

Tabla 5 Escala taxonómica de *O. mykiss*.



imagen 2 Ejemplar de *O. mykiss*.

Fuente: Smith, 2017.

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Salmoniformes

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792

CAPITULO III

METODOLOGÍA

2.4 Tipo de investigación

Este estudio se llevó a cabo por medio de una investigación de tipo documental, la cual se basó en la búsqueda y utilización de herramientas bibliográficas que permitieron conocer la viabilidad de la espirulina en la alimentación de alevines de trucha arcoíris, que a su vez se enfocó en tres fases fundamentales para efectuar la evaluación de la espirulina en la dieta de alevines, la cual fue la base en esta investigación.

2.5 Enfoque de la investigación

El estudio se basó en un trabajo informativo que reúne resultados diversos de investigaciones bibliográficas sobre el manejo de la espirulina como dieta alternativa en alevines de Trucha arcoíris. Este estudio se caracterizó por presentar una metodología basada en tres fases, a continuación:

- a) **La revisión bibliográfica**, en la presente investigación se analizó información científica obtenida de 4 tesis 6 y artículos de las plataformas (ESPE, ScienceDirect, National Library of Medicine y Fisheries sciences)
- b) **Descripción detallada de la información obtenida**, a partir de la primera fase fue posible explicar en detalle el contenido sobre los efectos, beneficios e importancia de la inclusión de la espirulina (*A. platensis*) en la dieta de la trucha arco iris y datos que aportaron para la realización del proyecto.
- c) **Análisis y comparación**, esta fase se sintetizó en el capítulo IV el cual cuenta con información que se agrupó en los siguientes ítems: (1) Ítem 4.1 **Análisis de los beneficios y propiedades nutritivas del uso de la espirulina en cultivos acuícolas.** (2) Ítem 4.2 **Comparación del crecimiento de alevines con dieta base para trucha y dieta base con inclusión de espirulina.** (3) Ítem 4.3 **Descripción de ventajas y desventajas del uso de la espirulina y su factibilidad en el mercado.**

2.5.1 Análisis de los beneficios y propiedades nutritivas del uso de la espirulina en cultivos acuícolas

En esta sección se presentó la información más relevante encontrada sobre las propiedades y beneficios del uso de la espirulina que aporta a los cultivos acuícolas, como base en este apartado. Al realizar la identificación posteriormente se pretendió explicar el contenido y las razones para las que se utilizó la espirulina dentro del marco metodológico que aplicaron. El contenido acerca de este aspecto se dio a conocer en el (2) ítem 4.1 Análisis de los beneficios y propiedades nutritivas del uso de la espirulina en cultivos acuícolas.

2.5.2 Comparación del crecimiento de alevines con dieta base para trucha y dieta base con inclusión de espirulina

Con respecto a la argumentación sobre el uso de la espirulina, esta investigación se basó en la inclusión de la especie *Arthrospira platensis*, a una de las dietas base para trucha la cual se estableció como dieta de *Orchorincus mikyss*, finalmente se realizó el análisis comparativo de las herramientas bibliográficas que fueron la base de esta sección. Los resultados se expondrán en una tabla. El contenido acerca de este aspecto se dio a conocer en el (2) ítem 4.2 **Comparación del crecimiento de alevines con dieta base para trucha y dieta base con inclusión de espirulina.**

2.5.3 Descripción de ventajas y desventajas del uso de la espirulina y su factibilidad en el mercado

En la última sección, se expondrán los resultados al realizar una descripción de las ventajas y desventajas que causa el uso de la espirulina y su factibilidad en el mercado, basada en la aplicación de espirulina en dieta para trucha arcoíris. Los resultados se expondrán en una tabla. El contenido acerca de este aspecto se dio a conocer en el (3) ítem Descripción de ventajas y desventajas del uso de la espirulina y su factibilidad en el mercado.

2.6 Material de estudio utilizado

En este apartado se efectuó la recopilación de documentos científicos que aportaron en el análisis y comparación de resultados como objeto de este estudio los cuales se resumen en la tabla 6.

Tabla 6 Descripción bibliográfica de resultados sobre la inclusión de *A. platensis* en la trucha arco iris

Resultado	Referencia	País/ ciudad	Tipo de documento
<i>Ganancia de peso, tasa de crecimiento y reducción de mortalidad.</i>	PokniAkr, 2007	Chile	Articulo científico
<i>Perdida de lípidos por el periodo de inanición.</i>	Guñroy et al, 2010	Yalova, Turquia	Articulo científico
Ganancia de peso y el crecimiento diario con una mejor asimilación de proteínas.	Ivaylo et al, 2012.	Stara Zagora, Bulgaria	Articulo científico
Ganancia de peso, longitud y tasa de crecimiento específico (tce), alta tasa de sobrevivencia	Diaz et al, 2014.	Bogotá	Tesis
<i>Los niveles de glóbulos rojos, glóbulos blancos, hemoglobina, proteína total y albúmina aumentaron significativamente en los grupos suplementados con S. platensis.</i>	Yeganeh, 2015.	Sari, Iran	Articulo científico

<i>Ligeramente tóxica al pasar el límite de inclusión.</i>	Molina, 2017.	Sangolquí	Tesis
<i>Demuestra una tendencia de ganancia de peso e incremento de índice corporal. Reducción en la mortalidad espermática.</i>	Bravo, 2018.	Sangolquí	Tesis
<i>Ganancia de peso y longitud total.</i>	Guallichicomín, 2018.	Sangolquí	Tesis
<i>Aumento de espirulina en la dieta condujo a un aumento en la actividad de la enzima superóxido dismutasa en el hígado de la trucha arco iris.</i>	Kermani, 2018.	Iran	Artículo científico
<i>La peroxidación lipídica disminuyó significativamente en el suero de los peces alimentados con <i>S. Platensis</i>. También redujo la peroxidación de lípidos en el hígado y el TAC aumentó significativamente y está demostrado que la espirulina disminuye el estrés oxidativo de la trucha.</i>	Teimouri, 2019	Sari, Iran	Artículo científico

Autor: Micaela Solís, 2021.

CAPITULO IV ANÁLISIS Y COMPARACIÓN

En la antigüedad la tilapia fue cultivada en estanques con el fin de alimentar vastos sectores de la población, pero se vio afectado por su repentina baja de talla comercial y enanismo, el desarrollo de la reversión sexual ayudo a que a que las poblaciones sean de un solo sexo (masculinas) y así cumplan con la talla establecida de producción. En la actualidad se estima que la tasa de producción a nivel global de la tilapia está en 2200 toneladas (x1000) seguido de la trucha que se estima en 700 toneladas (x1000). Debido a que la tilapia se adapta con facilidad al tipo de dieta que se suministre en cultivo, muchas de las actividades acuícolas se han enfocado en la producción de esta especie principalmente en la costa ecuatoriana. En la sierra ecuatoriana la especie trucha arco iris representa un alto valor comercial y sus cultivos han generado grandes cantidades de ingresos para comunidades que se han dedicado a su producción. Según la Fao (2006) indica que el impacto que causa el sistema de flujo abierto y daña la calidad del agua debido a los químicos que son excretados por lo tanto se solicita que las granjas establezcan áreas específicas para los diseños sólidos, aunque el fósforo es soluble en el efluente no puede ser removido económicamente, por lo tanto, se necesitan reducciones en la alimentación para enfrentar el problema del exceso de sustancias que empeoran el bento y la calidad del agua. Estudios han demostrado que el uso de las microalgas como alimento reducen los impactos negativos al ecosistema, así mismo, aporta nutrientes y contribuye de manera positiva al cultivo mejorando la calidad de agua. La espirulina es conocida por el alto perfil proteico que posee y su capacidad de contrarrestar los agentes patógenos. De este modo llego a ser parte de la dieta para varios organismos del cultivo, dando buenos resultados como, reducir la mortalidad, reforzar su sistema inmune, mejora la digestibilidad y aumenta su rendimiento de esperma en los machos. A continuación, se va a explicar los aspectos relevantes de manera detallada que fue el objeto de investigación de estudio.

4.1 **Análisis de los beneficios y propiedades nutritivas del uso de la espirulina en cultivos acuícolas**

A partir de esta sección se exponen los principales beneficios del uso de la espirulina para la industria acuícola y piscícola, para el conocimiento de esto en los últimos años se han realizado varios estudios acerca de la función de este suplemento alimenticio en fisiología de diferentes especies acuícolas principalmente en peces y crustáceos cuando se encuentran en fases o etapas larvarias.

A nivel regional se reconoce a la trucha como una especie altamente producida y comercializada. Sin embargo, la llegada de este pez ha causado una serie de impactos al medio ambiente, la desviación natural de ríos ha llegado a alterar potencialmente la composición y diversidad de especies. Las truchas que han escapado desde las granjas pueden tener impactos negativos, desplazando radicalmente a las especies endémicas (la originaria trucha café) expresando un comportamiento agresivo demostrando una alteración de la estructura de la comunidad en esta especie de peces. La alimentación fue variando al mismo tiempo que se daba el entre cruzamiento de especies dejando como resultado lo que hoy se comercializa a nivel mundial, la trucha arco iris (*O. mykiss*).

El tipo de alimentación que se distribuye en los cultivos de especies marinas y continentales juega un papel importante ya que esto depende de su desarrollo y del rápido crecimiento para obtener un buen resultado, para esto suceda se necesitan varios componentes nutritivos y esenciales para los organismos. En los últimos años se han realizado numerosas investigaciones con el fin de mejorar la nutrición de los organismos acuáticos, ya que en sus diferentes etapas de crecimiento requieren un alimento con buenos nutrientes.

Se ha demostrado que la espirulina posee niveles óptimos de proteína los cuales favorecen el crecimiento de especies comerciales como la trucha Arco Iris. La espirulina posee un 67% de porcentaje de proteínas, 6% de lípidos y 16% de carbohidratos, lo que ha hecho que su producción se incremente considerablemente a nivel mundial. Por otra parte, se ha demostrado que la

espirulina puede ser utilizada como aditivo dentro de las formulaciones de dietas o raciones alimenticias en los animales. Por lo tanto, por medio de Hernández et al. (2014) explicó en sus ensayos sobre la importancia y beneficios, de manera que esto le permitió caracterizar las microalgas en función de sus capacidades para procesos de fitorremediación en los que compuestos contaminantes se degradan, aplicándose en varias partes del mundo con el fin de recuperar hábitats afectados por la contaminación de compuestos inorgánicos u orgánicos". Como consecuencia, el autor Guallichicomín (2018), encontró durante su investigación que los porcentajes de espirulina pueden ser hasta de un 70%, con el fin de mejorar la respuesta fisiológica se planteó la inclusión de *A. platensis*. Así mismo, Molina (2017) menciona que la espirulina posee un alto contenido nutricional y abundante concentración de lípidos esenciales, por lo que demostró la ganancia de peso, longitud y ancho corporal, sin presentar afectación alguna al porcentaje de hematocrito, así mismo, presento normalidad en albumina, glóbulos rojos, al incluir la *A. platensis* al 0,5% en la dieta. En relación a esto Díaz et al (2014) indicó que el nivel de aminoácidos de la espirulina es aceptable por lo que se considera una mejora para los índices productivos de manera rentable y sostenible, debido a su ganancia de peso y talla y su baja mortalidad; en este sentido el aporte del autor Pokniak describió que al momento de la incorporación inicial y a lo largo de la experimentación la espirulina no presentó una baja mortalidad en el cultivo de la Tilapia, no obstante su peso y talla se mostraron sin mayores cambios, Por otro lado, el autor Bravo (2018), demostró que el alto nivel de porcentaje proteico de la espirulina al 2% junto a la mezcla de vitamina C y E que es proporcionado a la dieta de la trucha arco iris (*O. mykiss*), se obtiene calidad y abundancia seminal, menora la mortandad espermática y mejora su movilidad.

4.2 Comparación del crecimiento de alevines con dieta base para trucha y dieta base con inclusión de espirulina.

A partir de esta sección se expone una comparación entre el porcentaje (%) suministrado de (Dieta base T. + *A. Platensis*) y dieta base de Trucha, donde se analizó detalladamente el aumento de peso y talla cuando (*O. mykiss*) aún se encuentran en etapa de alevinaje.

Los impactos de los sistemas de flujo abierto se producen debido a los químicos usados para el tratamiento de enfermedades, el alimento no consumido y las excretas de los peces, los cuales pueden alterar la química del agua y los sedimentos río abajo de la granja. Los nutrientes elevados reducen la calidad del agua (aumentando la demanda biológica de oxígeno, reduciendo el oxígeno disuelto y aumentando la turbiedad) y aumentan el crecimiento de las algas y plantas acuáticas. Se realizó un estudio para determinar el efecto de la suplementación con algas en la dieta sobre la pérdida de peso y la composición próxima en la trucha arco iris.

Para la trucha se estableció un alimento balanceado, que al momento de ser suministrada ayuda al crecimiento y desarrollo de la trucha arco iris, los porcentajes mínimos de proteína, grasa, fibra y humedad. Al ser una especie carnívora su nivel de requerimiento nutricional es alto. Estudios realizados por Guñoy et al (2010) demostraron que una dieta a base de *A. platensis*, durante el periodo de inanición no complementa con los niveles proteicos que requiere la trucha, como resultado la reducción de peso, talla y daño a su sistema intestinal, pero PokniAkr (2007) demuestra que la inclusión en porcentajes específicos de la espirulina a la dieta base da como resultado una ganancia de peso, tasa de crecimiento y reducción de mortalidad.

Por lo tanto, este apartado detalla de manera específica en la tabla 7 la comparación entre el uso único de la dieta base (tabla 10 - anexos) y la dieta base con la inclusión de la *A. platensis*. Donde, Diaz (2014) demostró que con un porcentaje de 0,05% de espirulina atribuye al pez un PG de 2,22g y un TCE

de 0,19% total en el tratamiento. Sin embargo, no se obtuvieron los mismos resultados para el tratamiento donde únicamente se suministró la dieta base, el cual resulto que el valor PG 1,74g y TCE 0,03% sea menor al final del experimento. De igual forma Guallichicomin (2018) demostró que el uso de la espirulina al 1% incremento el PG 2,57g y un TCE de 0,42%. En comparación al tratamiento de dieta base pura donde PG 0,58g y un TCE 0,9 no mostro crecimiento alguno. De esta misma manera Diaz et al, (2014) realizo 3 tratamientos donde uso diferentes proporciones de espirulina de 5%, 10% y 15% donde el 15% de inclusión demostró un incremento de PG 12,48g y TCE 4,92% el cual resulto beneficioso para el cultivo. Posteriormente Irakov et al, (2012) indico que la inclusión del 10% de espirulina mejora la s el PG 2,09g y TCE 0,69% en comparación al tratamiento de dieta base pura donde PG 2,09g y TCE 0,13% se mostró de con menor crecimiento. Finalmente, Sakineh et al, (2015) de igual manera evaluó su tratamiento incluyendo 10% de la espirulina obteniendo resultados benéficos con un valor total de PG 8g y TCE 4,31%.

En relación a los estudios antes realizados se considera que la inclusión de la espirulina en la dieta base resulta favorable para el mercado ya que aumenta la tasa de producción y mejora la calidad del producto, se considera optimo el uso de este suplemento alimenticio en la etapa de alevinaje de las especies que se encuentran en cultivos dulceacuícolas. De esta manera se determina la importancia benéfica de la *A. platensis*.

Tabla 7 Cuadro comparativo entre porcentaje (%) Dieta base con inclusión de espirulina (*A. Platensis*) y dieta base. Porcentaje (%), Ganancia de peso (GP), Tasa de crecimiento específica).

Dieta de la trucha arco iris

	Dieta base + <i>A. Platensis</i>			Dieta base			Referencia
	%	GP	TCE		GP	TCE	
T1	0,05%	2,22g	0,19%	T0	1,74g	0,03%	Molina, (2017).
T1	1%	2,57g	0,42g%	T0	0,58g	0,9%	Guallichicomin, (2018).
T1	5%	10,77g	4,76%				Diaz et al, (2014).
T2	10%	11,24g	4,81%	T0	10,77g	4,76%	Diaz et al, (2014).
T3	15%	12,48g	4,92%				Diaz et al, (2014).
T1	10%	2,09g	0,69%	T0	2,10g	0,13%	Irakov et al, (2012).
T1	10%	8,0 g	4,31%	T0	10,63g	4,67%	Sakineh et al, (2015).

4.3 Descripción de ventajas y desventajas del uso de la espirulina y su factibilidad en el mercado.

Como último punto en base esta sección, se detalla a través de tablas las ventajas y desventajas de la inclusión de la espirulina y su factibilidad en el mercado, donde se aportó con ideas claras y puntuales para hacer una comprensión más sencilla del tema.

Los diferentes estudios enfocados en los requerimientos nutricionales de especies acuícolas como la trucha Arco Iris, han favorecido de tal manera que para los cultivos de esta especie se suministran dietas artificiales o balanceados los cuales se elaboran a partir de la mezcla de varios ingredientes de origen vegetal o animal, y la dieta natural basada en suministrar alimento vivo o alimento natural. Cuando el alimento artificial no cumple con los requerimientos nutricionales, pueden agregarse suplementos alimenticios que pueden elevar los niveles proteicos, siendo un aspecto muy importante principalmente para

alimentar esta especie cuando se encuentra en sus primeras etapas de vida, en donde existe mayor gasto energético por lo que es necesario proveer una alimentación rica en nutrientes.

La inclusión de la espirulina en la dieta de alevines de trucha Arco Iris es una idea muy beneficiosa ya que posee propiedades nutricionales que de alguna manera favorecen al consumidor. La espirulina se ha convertido en un importante aportador de nutrientes para el mercado, ya que es cotizado por sus valores nutricionales, sin embargo, es necesario reconocer que su aplicación en exceso produce daños en los organismos acuáticos, siendo un punto muy importante, realizar un control y manejo adecuado de su uso para prevenir afectaciones futuras en los cultivos.

En la tabla 8 se detallan los aspectos positivos y negativos sobre la inclusión de la espirulina explicándose las ventajas que generarían al aplicarse en el cultivo de alevines de trucha arco iris.

Tabla 8 Descripción de las ventajas y desventajas de uso de la espirulina al emplearse como única dieta y como suplemento alimenticio en cultivos de trucha arco iris (*O. mykiss*).

Aspectos	Ventaja	Desventaja
Única fuente alimenticia	Buenos nutrientes.	No contribuye con el peso y talla.
Alimento suplementario	Buena digestibilidad y aumento de peso y talla.	En exceso presenta toxicidad.

Fuente: Micaela Solis, 2021.

Claro está que la espirulina tiene varios beneficios que son otorgados principalmente por componentes nutricionales que posee, los cuales favorecen al cultivo de manera que ayuda a reducir la tasa de mortalidad, presentándose buenas tasas de supervivencia. En tabla 9 se resumen los aspectos que mayormente destacan en cuanto a las ventajas y desventajas de utilizar la espirulina como suplemento alimenticio en la dieta de alevines de trucha arco iris

Tabla 9 Descripción de las ventajas y desventajas de uso de la espirulina como suplemento.

Aspectos	Ventaja	Desventaja
Producto residual de metabolismo	El exceso de ácido úrico se elimina por medio de la urea sin dañar al organismo.	El incremento de ácidos nucleicos produce un exceso de ácido úrico.
TCE	Cuando se mantiene en peso óptimo (10g - 30g) TCE se mantiene	Al pasar el peso óptimo su TCE se deteriora.
Crecimiento	Aprovechamiento de nutrientes que favorecen el crecimiento siendo más rápido en menor tiempo.	No todos los alevines aprovechan los nutrientes cuando la densidad de siembra es elevada.

Fuente: Micaela Solis, 2021.

Si bien los parámetros físicos son importantes para la compra y venta de un alimento, es necesario que el producto muestra una calidad apta para su consumo, por lo tanto, la tabla 10 nos detalla el control de calidad que requiere un producto para estar en buen estado.

Tabla 10 Descripción de las ventajas y desventajas relacionadas con el control de calidad

Aspectos	Ventaja	Desventaja
Sabor	Sabor suave, delicado y ligeramente dulce.	En exceso produce un sabor amargo y es similar al choclo.
Textura	Piel firme, brillante.	
Físicos	Color externo de la piel llamativo	
Color de la carne	Coloración blanca o ligeramente rosa	En exceso su color se torna rosa intenso

Fuente: Micaela Solis, 2021.

Con ayuda de la información utilizada como herramienta base en este estudio se identificó como contribuye el uso de la espirulina como antioxidante potencial para el sector acuícola piscícola. La inclusión de la *A. platensis* no solo ayuda al crecimiento de peso y talla de la trucha, al contrario, también contribuye con el incremento del colesterol HDL y la disminución del colesterol LDL mejorando la

salud del pez. En términos generales, por sus aportes positivos de mejorar los parámetros productivos, reproductivos, inmunológicos y fisiológicos, además de esto, ayuda a contra restar el nivel de estrés oxidativo significativamente y contribuye a la reducción de la peroxidación de lípidos en el hígado de la trucha arcoíris (*O. mykiss*), se considera utilizar a la espirulina como un inmunoestimulante, por esta razón, se cree que como alimento suplementario el uso de la espirulina en la dieta base de cualquier especie que se encuentra en etapa de producción y desarrollo en el cultivo acuícola se le suministre raciones con porcentajes específicos de manera cuidadosa.

CAPITULO V

5.1 Conclusión

La diversidad alimenticia de la trucha permitió que se realizaran varias practicas investigativas donde se hacía uso de varios suplementos alimenticio, donde los efectos que causa la inclusión de la *A. platensis* a la dieta base da como resultados, reducir la mortalidad se demostró que la dieta de espirulina mejora la digestibilidad y aumenta su rendimiento de esperma en los machos de la trucha *Orchorincus mykiss*.

El requerimiento nutricional es diferente por especie y para esto cada dieta debe ser balanceada antes de la distribución, la trucha arco iris al ser un pez que habita en aguas frías requiere un mayor incremento de grasa en su dieta, el uso de *A. platensis* posee un perfil alto en proteína y lípido por lo que lo que la inclusión de esta también favorece a reforzar el sistema inmune de las especies del sector piscícola y acuícola.

Los piensos alimenticios creados para cada especie cumplen la función de nutrir al organismo desde que se encuentra en etapa de alevinaje, sin embargo, muchos necesitan complementarse mediante suplementos en base a esto con la comparación de dietas se concluyó que el incremento nutricional con *A. platensis* resulto más atractivo al tener un mayor incremento de peso y talla.

El costo beneficio de los suplementos o piensos tienden a ser demasiado elevados como para cubrir con los costos de alimentación, por lo que, empresas o microempresarios independientes prefieren reunirlos en productos básicos, económicos y de buena calidad, es por ello que la implementación de la espirulina (*A. platensis*) se considera que en el futuro este alimento podría sustituir a los alimentos balanceados o piensos utilizados en la acuicultura.

5.2 Recomendación

La *A. platensis* a pesar de ser una microalga posee una fuente nutricional y esencial única que ayuda al crecimiento y desarrollo para el sector acuícola y son excelentes al momento de añadirse como suplemento a la dieta de las especies acuícolas pero si el porcentaje de las proporciones son mayores a lo evaluado puede ser perjudicial por lo que, se recomienda incluirla en pequeñas dosis.

Es importante enfatizar que existe escasez de información de *A. platensis* que se incluya como suplemento alimenticio en el sector acuícola por lo que con este documento de análisis investigativo se incentiva a que se realicen más estudios sobre los beneficios y propiedades que aportan los aminoácidos de la espirulina a un cultivo.

Se recomienda el uso de la espirulina con una dieta base ya que si es suministrada de manera directa puede causar daños al momento de ser digeridas. Y perjudicar al crecimiento y desarrollo del cultivo acuícola.

Por último con base a la información obtenida de la espirulina que es considerada como un excelente suplemento alimenticio para la trucha arcoiris se cree que puede servir de incentivo para la población de la región sierra en el Ecuador al momento de tener un cultivo artesanal de trucha ya que es una especie de alto consumo.

Bibliografía

ecoinventos. (2021). Obtenido de ecoinventos: <https://ecoinventos.com/propiedades-beneficios-usos-espirulina/>

Alvarez galvez, m. (1984). *Informe sobre el desarrollo de la acuicultura en el ecuador. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (fao): informe de pesca n°294 suplemento. Informes nacionales sobre el desarrollo del acuicultura en latino américa*. Recuperado el 27 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/ad020s/ad020s06.htm>

Aquafeed. (2021). Obtenido de <https://aquafeed.co/entrada/propiedades-de-la-espirulina---su-aplicaci-n-en-acuicultura-20406/>

Avendaño, b. U. (2018). *Prevención de riesgos laborales en la maricultura artesanal de ecuador*. Obtenido de <http://www.institutopesca.gob.ec/acuacultura/>

Babaei, k., & kenari, a. (2020). *Fisheries sciences*. Obtenido de <http://jifro.ir/article-1-3552-en.html>

Caballero, i. (2018). Obtenido de acuicultura. Que es y donde se cultiva: <https://isabelcaballero.com/acuicultura-que-es-y-donde-se-cultiva/>

Casado, I. A. (2017). *El sector camaronero del ecuador y las políticas sectoriales*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13763/disertación%20luis%20peña%20.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Diaz, j. F., & leon, j. G. (2014). *Universidad de la salle*. Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1223&context=zootecnica>

Fao. (2002). *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s00.htm#contents>

Fao. (2014). Obtenido de alimentos y estrategias de alimentación para reproductores y: <http://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>

Fao. (2014). *Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados manual de capacacitacion*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>

Fao. (2018). Obtenido de <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>

Fao. (2018). Recuperado el 30 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>

Fao. (2018). Recuperado el 30 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>

Fao. (2020). Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca9231es/ca9231es.pdf>

Fao. (2021). Obtenido de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_ecuador/es#:~:text=a%20partir%20de%20la%20introducci3n,camar3n%20en%20el%20mercado%20internacional.

Galicia, y. C. (2018). Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13795/1/2018_alimentaci3n%20alternativa%20en%20alevines-%20yeni%20osorio.pdf

Galicia, y., & osorio, c. (2018). *Universidad cooperativa de colombia*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13795/1/2018_alimentaci3n%20alternativa%20en%20alevines-%20yeni%20osorio.pdf

Gasecsa. (2018). *Ecuador es el segundo exportador de camar3n en el mundo. Gases del ecuador (gasecsa)*. Recuperado el 28 de abril de 2021, de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-es-el-segundo-exportador-mundial-de-camaron>

Gomez, k. A. (diciembre de 2020). *Fao*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158039/g3mez%20-%20aplicaci3n%20de%20spirulina%20en%20el%20desarrollo%20de%20alimentaci3n%20humana%20y%20animal.pdf?sequence=1>

Guerra, g. A., & aguiler, k. R. (2017). *Universidad de guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/40511/1/tesis%20%20%20%20%20%20final%20%20entregaç.pdf>

Guevara, m. J. (2007). Obtenido de <file:///c:/users/hp/downloads/1597-texto%20del%20art3culo-6102-1-10-20140321.pdf>

Hermoso, f. G. (febrero de 2016). Obtenido de *biotecnologia y aplicaciones industriales*: [https://www.madrimasd.org/blogs/espirlina/2016/02/15/87/#:~:text=los%20alimentos%20en%20acuicultura%20tienen,unos%20altos%20contenidos%20en%20prote3na.&text=la%20espirlina%20\(arthrospira%20platensis\)%20es,3ptima%20para%20la%20producci3n%20acu3cola.](https://www.madrimasd.org/blogs/espirlina/2016/02/15/87/#:~:text=los%20alimentos%20en%20acuicultura%20tienen,unos%20altos%20contenidos%20en%20prote3na.&text=la%20espirlina%20(arthrospira%20platensis)%20es,3ptima%20para%20la%20producci3n%20acu3cola.)

Honores, a. F., & izquierdo, e. A. (2019). Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n3/a16v26n3.pdf>

Industria acuicola. (s.f.). Obtenido de http://www.industriaacuicola.com/nueva_version/index.php/blog/publicacion/10#:~:text=las%20microalgas%20son%20la%20base,larvicultura%20de%20peces%20y%20camarones.

Lozano, j. F., & ram3rez, j. G. (2014). Obtenido de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1223&context=zootecnia>

M, f. H., elmer, a. l., & f., r. R. (diciembre de 2019). *Art3culo con el t3tulo "taxonom3a e importancia de spirulina arthrospira jenneri (cyanophyceae:*

oscillatoriaceae)" publicado en la plataforma scielo Perú. Recuperado el 28 de abril de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=s2413-32992019000300016&script=sci_arttext

Nutrindex. (2018). Obtenido de <https://nutricionanimal.info/el-uso-de-las-algas-en-alimentacion-animal-rumiantes/>

Raul, m. C. (2017). *Valoración de aditivos alimenticios para la estimulación del apetito de la trucha (Oreochromis molybdenus) en etapa de engorde*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14511/1/t-iasa%20i-005381.pdf>

Sánchez, r. L. (2015). *Engormix "panorama sobre los alimentos balanceados para acuicultura en México, en comparación con otros países"*. Recuperado el 25 de abril de 2021, de <https://www.engormix.com/balanceados/articulos/panorama-sobre-alimentos-balanceados-t31919.htm#:~:text=el%20uso%20de%20alimentos%20artificiales,y%20de%20sus%20requerimientos%20nutricionales.&text=los%20alimentos%20balanceados%20para%20especies,pellets%20o>

Tacon, a. G. (1989). *Documento preparado para el proyecto gcp/rla/102/ita "nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación" por la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (fao)*. Recuperado el 26 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/3/ab492s/ab492s02.htm>

Torrentera-blanco, l., & tacon, a. G. (abril de 1989). *Documento sobre "la producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura" publicado por la laura torrentera blanco (fao)*. Recuperado el 26 de abril de 2021

Vanegas, j., & hernandez, r. (2018). Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5697/potencial_biotecnologico_microalgas.pdf;jsessionid=94e339771542009730de7cd243c17fa3?sequence=1

Velasco, j., & Gutiérrez, m. C. (2019). *Revista Politécnica, vol. 15, núm. 30*. Obtenido de https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1506/1348https://www.researchgate.net/publication/338065508_aspectos_nutricionales_de_peces_ornamentales_de_agua_dulce

ANEXOS

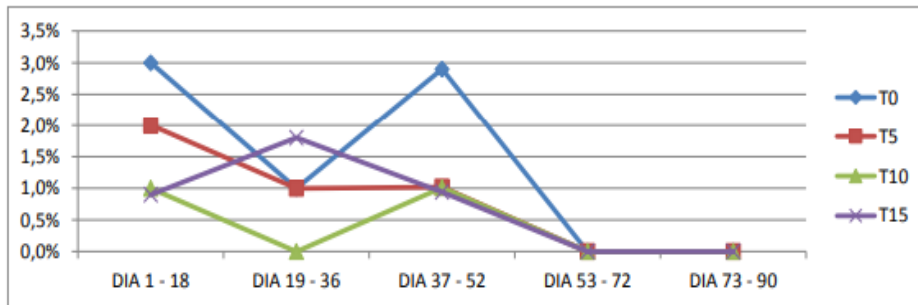


Imagen 3 Mortalidad en porcentaje de alevinos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) sometidos a diferentes niveles de inclusión de espirulina durante 90 días.

Auto: Diaz & León, 2014.

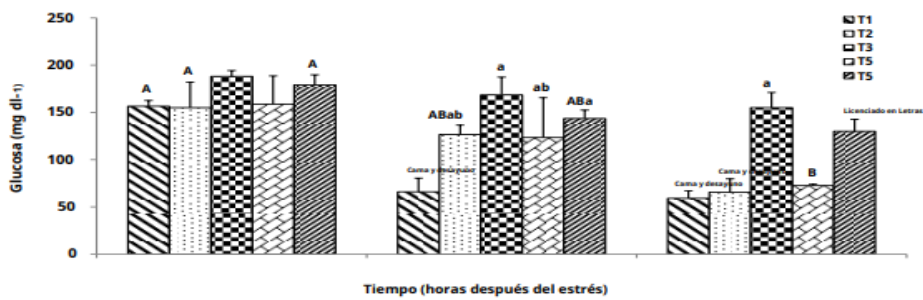


Imagen 4 Nivel de glucosa en plasma de la trucha arco iris alimentada con dietas que difieren en la cantidad de espirulina indican diferencias estadísticas entre puntos de tiempo después del estrés dentro del mismo grupo y las letras minúsculas indican diferencias estadísticas entre los grupos en un punto de tiempo específico después del estrés

Autor: Kermani et al 2019.

Tabla 11 Descripción del contenido nutricional y el porcentaje de dieta base a suministrar a la trucha por estudios.

Pienso comercial seco para la trucha

%	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	Humedad
<i>Mínimo</i>	40%	14%	4%	14%	11%
<i>Máximo</i>	40%	15%	4%	14%	11,5%

Porcentaje de pienso comercial recomendado para cada estadio de la trucha

%	Fase				
	Pre-cria	Cria	Juveniles	Engorde	Reproductores
<i>Lípidos</i>	16%	16%	16%	16%	14%
<i>Proteína</i>	50%	48%	44%	43%	38%