



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

CULTIVO DE *AZOLLA ANABAENA* COMO SUPLEMENTO
ALIMENTICIO EN EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA *OREOCHROMIS SP*

AGUILAR BUELE GABRIELA GIANELLA
INGENIERA ACUÍCULTORA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

CULTIVO DE *AZOLLA ANABAENA* COMO SUPLEMENTO
ALIMENTICIO EN EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA
OREOCHROMIS SP

AGUILAR BUELE GABRIELA GIANELLA
INGENIERA ACUÍCULTORA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

CULTIVO DE *AZOLLA ANABAENA* COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN EL
CULTIVO DE TILAPIA ROJA *OREOCHROMIS SP*

AGUILAR BUELE GABRIELA GIANELLA
INGENIERA ACUÍCULTORA

GALARZA MORA WILMER GONZALO

MACHALA, 25 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
25 de agosto de 2022

Antiplagio_rev

por Gabriela Aguilar_buele

Fecha de entrega: 16-ago-2022 10:13a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1883218746

Nombre del archivo: Complexivo_-_Aguilar_Gabriela.pdf (380.06K)

Total de palabras: 5395

Total de caracteres: 28302

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, AGUILAR BUELE GABRIELA GIANELLA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Cultivo de *Azolla anabaena* como suplemento alimenticio en el cultivo de tilapia roja *Oreochromis sp*, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de agosto de 2022



AGUILAR BUELE GABRIELA GIANELLA
0750947517

RESUMEN

La tilapia roja es un pez teleósteo resultado de una hibridación entre varias especies de *Oreochromis spp.* la cual tiene elevados índices de crecimiento en menor tiempo, mayor resistencia a enfermedades y mejor adaptabilidad a diferentes ambientes acuáticos. Bajo este concepto se convirtió en una especie idónea para la acuicultura cuando la mancha blanca o White spott atacó las producciones de camarón blanco llevando las muertes totales de cultivos por su elevado índice de mortalidad y poco conocimiento de la enfermedad. Al ser una especie en desarrollo se necesitan de fuentes de alimentación natural que ayudan a reducir costos por lo que el desarrollo de este trabajo se basa en determinar los beneficios que trae *Azolla anabaena* en el cultivo de *Oreochromis sp.* mediante la simbiosis con el helecho de agua *Azolla sp.* las cuales en conjunto brindan alimento a largo plazo para la mojarra roja.

Palabras clave: *Oreochromis sp* – *Azolla sp* – *Azolla anabaena* – Simbiosis – Cultivo

ABSTRACT

Red tilapia is a teleost fish resulting from a hybridization between several species of *Oreochromis spp.* which has high growth rates in less time, greater resistance to diseases and better adaptability to different aquatic environments. Under this concept, it became an ideal species for aquaculture when the white spot or white spott attacked white shrimp productions, leading to total crop deaths due to its high mortality rate and little knowledge of the diseases. Being a developing species, natural food sources are needed to help reduce costs, so the development of this work is based on determining the benefits brought by *Azolla anabaena* in the culture of *Oreochromis sp.* through symbiosis with the water fern *Azolla sp.* which together provide long-term food for the red shrimp.

Key words: *Oreochromis sp* - *Azolla sp* - *Azolla anabaena* - Symbiosis – Culture

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	DESARROLLO	10
2.1	Características de <i>Oreochromis sp</i>	10
2.1.1	Taxonomía	12
2.2	Hábitos alimenticios de la tilapia roja	13
2.3	Sistemas de cultivo de tilapia roja	13
2.3.1.	Cultivo extensivo	14
2.3.2.	Cultivo semi-intensivo	14
2.3.3.	Intensivo	14
2.3.4.	Superintensivo	14
2.4	Cultivo en jaulas	15
2.5	Cultivo en raceways	15
2.6	Cultivo de tilapia en ecuador	16
2.6.1	Zonas de cultivo	17
2.6.2	Parámetros de cultivo	17
2.7	Etapas del cultivo	19
2.7.1	Adecuación ambiente Biofloc	19
2.7.2	Pre Cría	19
2.7.3	Levante	20
2.7.4	Pre Engorde	20
2.7.5	Engorde	20
2.8	Tilapia como fuente de proteína animal y demanda	20
2.9	Características de <i>Azolla anabaena</i>	21
2.9.1	Taxonomía	22
2.10	Cultivo de <i>Azolla sp</i> - <i>Azolla anabaena</i> para la alimentación de <i>Oreochromis sp.</i>	22
2.10.1	Medio de cultivo	23
2.11	<i>Azolla sp.</i>	24

2.11.1	Taxonomía	25
2.11.2	Características	25
2.12	Uso de azolla en la acuicultura	25
2.12.1	Potencial en la ecología	25
2.12.2	Nutrición (Simbiosis)	26
2.13	Importancia de simbiosis <i>Azolla-Azolla anabaena</i>	26
3.	CONCLUSIÓN	27
4.	BIBLIOGRAFÍA	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía de <i>Oreochromis</i> sp.....	11
Tabla 2: Parámetros para el cultivo de Tilapia roja.....	16
Tabla 3: Taxonomía <i>Azolla</i> sp.....	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: <i>Oreochromis</i> sp.....	9
Ilustración 2: Diferencias sexuales.....	10
Ilustración 3: Alimentación de tilapia.....	12
Ilustración 4: Estanques de cultivo.....	12
Ilustración 5: Característica <i>Azolla anabaena</i>	19
Ilustración 6: <i>Azolla</i> sp.....	22

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha visto afectada por el incremento en los precios del alimento, especialmente los balanceados, esenciales en la alimentación de los organismos de cultivo tomando en cuenta que representan cerca del 60% de los gastos totales, es por esto que cada día se buscan alternativas que suplan las necesidades alimenticias al mismo tiempo que se tenga disponibilidad a lo largo del cultivo. Una alternativa de alimentación natural es la producción de *Azolla sp* también conocida como helecho de agua, la cual es una planta flotante con la cual la tilapia (*Oreochromis sp*) puede alimentarse tomando en cuenta que este organismo es omnívoro.

Existe una simbiosis conocida hace varios años atrás que involucra a *Azolla sp* y *Azolla anabaena* siendo esta última nombrada de forma idéntica al helecho debido a esta relación. Básicamente el helecho de agua sirve como hábitat a la cianobacteria brindándole protección de forma física mientras que la cianobacteria al ser una excelente fijadora de nitrógeno, le provee de cantidades de este elemento permitiéndole tener un crecimiento óptimo.

Con esto *Oreochromis sp.* tendrá cantidades necesarias de este helecho para poder alimentarse, obteniendo alimento natural de calidad, reduciendo los gastos que producen la alimentos balanceados y a su vez bajando el factor de conversión alimenticia obteniendo más ganancias por corrida.

2. DESARROLLO

2.1 Características de *Oreochromis sp*

Pez teleósteo originario de África que habita principalmente en regiones tropicales alrededor del mundo además reúne las mejores condiciones de reproducción y crecimiento. (Zambrano, 2020). Esta especie es considerada como ovípara, puede reproducirse naturalmente produciendo entre 1000 a 2000 huevos por puesta, sin embargo, al ser prolifera puede iniciar con sus procesos reproductivos cada 45 días a partir que llega a la adultez. (Méndez *et al.* 2018).



Ilustración 1: *Oreochromis sp*

Fuente: (Hsien-Tsang & Quintanilla, 2008)

Cuando desovan, el macho y la hembra se encargan del cuidado de los huevos ventilándolos con sus aletas, manteniendo este tipo de cuidado hasta que alcanzan la etapa larvaria. (Méndez *et al.*, 2018).

Teniendo 10 cm y con un peso de 50 g, la tilapia ya puede tener sus primeras etapas de reproducción mediante incubación bucal hasta la etapa de huevo – larva y alevín, alrededor de 7 a 14 días, las crías de tilapia salen de la boca manteniéndose siempre al cuidado de la madre quien al momento que identifica algún tipo de peligro los engulle para protegerlos. (Méndez *et al.*, 2018). Además, las tilapias presentan un dimorfismo sexual más acentuado en el macho debido a que es de mayor tamaño alcanzado los 39 cm siendo más brillantes que las hembras. (Asopespa, 2018).

Con respecto al dimorfismo sexual, en el macho se observan dos tipos de orificios, siendo uno el ano, y el otro el orificio urogenital, a diferencia de las hembras que poseen tres tipos de orificios, el anal, genital y urinario, sin embargo, hay que tomar en cuenta que estas diferencias no son visibles a simple vista. (Barragán, 2017).

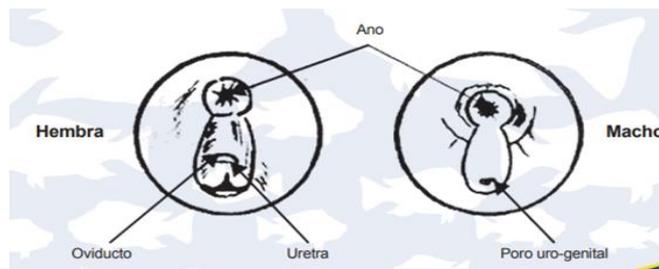


Ilustración 2: Diferencias sexuales

Fuente: (Hsien-Tsang & Quintanilla, 2008)

Especie omnívora debido a que prefiere fitoplancton como también insectos, zooplancton, en los primeros estadios de vida además de otro tipo de especies de plantas de tipo acuática como algunas algas filamentosas o de tipo macrófitas. (Pesca, 2018). Tiene una buena aceptación de dietas balanceadas además de otros complementos. (Cabrera, 2019). Por otro lado, se debe mencionar que los niveles de proteína van a variar conforme el animal se va desarrollando. (García, 2019).

Tabla 1: Estadío de vida de la tilapia roja

Estadío de vida	Peso en gramos	Requerimiento de proteína (%)
Larva		45-50
Crías	0.02 – 1.0	40
Alevines	1.0 – 10.0	35-40
Juveniles	10.0 – 25.0	30-35
Adultos	25-200	30-32
	>200	28-30
Reproductores		40-45

Fuente: FAO 2021

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) es una especie de pez de agua dulce considerada híbrida debido a que proviene de una línea mejorada entre otras especies de tilapia como la *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis niloticus*. (Torres, 2018). Como resultado de este mejoramiento genético, se obtuvo una especie con un crecimiento más rápido, con mayor cantidad o porcentaje de musculatura, sin presencia de espinas intramusculares, con una adaptabilidad fácil, resistente a enfermedades, además de una coloración más agradable para su comercialización y con una textura agradable haciendo que esta sea aceptada en algunos lugares de mercadeo. (Ibarra, 2019).

Es por esto que se convierte en una excelente especie para la acuicultura, pero a su vez, también se la considera como una especie exótica invasora por su potencial a la adaptabilidad y la reproducción, (Jácome *et al.* 2019) trayendo graves consecuencias invasivas, para las Américas, en la fauna acuática nativa principalmente en aquellas zonas donde se tiene una mayor biodiversidad de especies como son las cuencas del río Amazonas o las áreas centrales de México. (Casseiro *et al.*,2018).

2.1.1 Taxonomía

Tabla 1: Taxonomía de *Oreochromis sp*

Dominio	Eucariota
Reino	Animalia
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis sp</i>

Fuente: (Carrión *et al.*, 2020)

2.2 Hábitos alimenticios de la tilapia roja

Oreochromis sp. es una especie omnívora debido a que tiene preferencia por alimentación a base de organismos vegetales de tipo macroscópica que van desde algas unicelulares hasta bacterias llegando a consumir hasta el zooplancton. Esto se da gracias a la presencia de branquiespinas que brindan la capacidad de filtrar el agua obteniendo el alimento microscópico. (Saavedra, 2006)

Otra característica propia de la tilapia con respecto a su alimentación se basa en la capacidad de adaptación al alimento que se le puede suministrar ya sean plantas, frutas u otros vegetales incluyendo todo tipo de semillas especialmente de tipo oleaginosas y cereales todo esto como un tipo de alimentación suplementaria formando así bases de alimentación la cual está constituida por el alimento natural propia del medio donde se está produciendo. (Saavedra, 2006).



Ilustración 3: Alimentación de tilapia
Fuente: (Ríos , 2022)

2.3 Sistemas de cultivo de tilapia roja



Ilustración 4: Estanques de cultivo
Fuente: (Ríos , 2022)

2.3.1. Cultivo extensivo

En este tipo de cultivo es poca la intervención del hombre por lo que se la puede realizar en presas y micropresas mediante el empleo de insumos, pero en bajas cantidades, además de que no se suministra alimento balanceado ya que la alimentación se da de forma natural. Debido a estas condiciones, se obtiene una baja productividad además de rendimientos de entre 100 a 250 Kg/ha por año, por lo que se refiere a siembras con densidades bajas. (Méndez *et al.*, 2018).

2.3.2. Cultivo semi-intensivo

Este tipo de cultivo se puede realizar en estanques o incluso micro presas. A diferencia del anterior sistema de cultivo, en este si se aplican fertilizantes para poder dar paso al incentivo de productividad primaria y en complemento con la aplicación de balanceado, las tilapias puedan tener disponibilidad de alimento. Debido a esto, se pueden obtener rendimientos t/ha/año de 7 a 10 sembrando más animales por m². (Méndez *et al.* 2018).

2.3.3. Intensivo

Los cultivos intensivos se caracterizan por manejar altas densidades de siembra, por lo que se pueden obtener rendimientos altos dependiendo de donde se realiza el cultivo, ya sea en jaulas (80 a 100 t/ha/año), estanques (10 a 30 t/ha/año) o en raceways (150 a 180 t/ha/año). Aquí si se aplican grandes cantidades de alimentos balanceados y fertilizantes, debido a que, al encontrar mayores cantidades de peces, requieren de mayores índices de alimentación, además, se hace uso de aireadores para cubrir la demanda existente. Se presentan mayores problemas con presencia de enfermedades por el estrés que están sometidos los animales además de tener un mayor control por la calidad del agua. (Méndez *et al.* 2018).

2.3.4. Superintensivo

Se conoce por ser un sistema con mayores demandas que el intensivo, además de que se emplea tecnología con sistemas automatizados que ayudan a cubrir la demanda de oxígeno, alimento y otros insumos. Los estanques pueden ser de tierra o cemento y el agua es recirculada por lo que se llegan a obtener rendimientos ton/ha/año de más de 300. (Méndez *et al.* 2018).

2.4 Cultivo en jaulas

Las jaulas pueden variar con relación a su forma, por lo que podemos llegar a encontrar cuadradas, rectangulares o circulares las cuales son construidas con diferentes materiales. Además, por su ubicación podemos encontrar jaulas de fondo, flotantes las cuales dejan en la superficie de entre 15 a 20% de su altura y por último las sumergidas que pueden encontrarse cerca de la superficie, a profundidad media o en los fondos. (Méndez *et al.* 2018).

Debido a los buenos recambios de agua que se obtienen en cultivo en jaulas, y a densidades de 200 a 600 m³ se pueden obtener rendimientos de 50 a 300 kg/m³, si hablamos de densidades de 160 a 350 peces/m³ se podrían obtener de 67 a 117 kg/m³, mientras que con densidades de más de 550 alevines/m³ podríamos obtener 330 kg/m³ llegando a los 500 gramos en apenas 4 meses de cultivo. (Méndez *et al.* 2018).

2.5 Cultivo en raceways

El cultivo de mojarra roja en raceways es una actividad que se ha venido realizando inicialmente en diferentes productoras acuícolas de Asia, siendo China, India y Egipto los pioneros, sin embargo, debido al éxito que ha tenido, se buscó replicar esta actividad en países de América Latina como México y Honduras (Arana *et al.* 2019).

Honduras es un país productor de dos tipos de tilapia, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), ya sea en los tradicionales estanques de agua dulce o en raceways o jaulas las cuales tienen una ubicación clave en reservorios y algunos lagos naturales donde se produce debido a la demanda de la población (Arana *et al.* 2019).

Los raceways usados son de 125 m² representando de esta manera el 3,5 % del área total del estanque de producción, destacando sólo el 1.1 % del volumen, a su vez, se encuentran equipados con un blower proporcionando de esta manera 1.5 caballos de fuerza. Estos a su vez están equipados con aireadores de paleta los cuales ayudan en la mezcla y circulación del agua por el estanque acelerando de esta manera la asimilación de la materia orgánica y los nutrientes producidos (Arana *et al.* 2019).

Con respecto a las densidades de siembra, se sembraron 114 alevines por m² alcanzando de esta manera una biomasa de inicio de 5,5 kg / m². En total son 20.000 alevines con peso promedio de 48 gr que se siembran por raceways (Arana *et al.* 2019).

Después de los 71 días de cultivo, se pudieron obtener animales con peso promedio de 472.5 gr los cuales tuvieron una dieta inicial con balanceado de proteína al 38% para luego de los 30 días bajar a proteína con el 35% y finalizando con el 32% (Arana *et al.* 2019).

2.6 Cultivo de tilapia en Ecuador

No se sabe con exactitud el momento en que la tilapia ingresó a Ecuador sin embargo se tienen registros de ingreso por medio de prácticas de cultivo en Chone por lo cual se produjo una invasión en las chameras tradicionales afectando además a la desaparición de especies nativas locales. (Guamán, 2017).

Hace algunos años atrás la flota pesquera del país tenía como único objetivo la captura de camarón blanco sin embargo debido a las enfermedades se optaron por nuevas alternativas como es la tilapia roja. (Oyola, 2018). En la década de los 90 debido al colapso de la industria camaronera por la aparición de la mancha blanca muchos empresarios tuvieron que orientar sus producciones a nuevas fuentes debido a la demanda que surgió en los mercados internos y al buen precio que tiene la carne de tilapia fileteada en los países de Norte América. (Jácome *et al.* 2019)

En el Ecuador, el cultivo de mojarra o tilapia roja se está viendo como una nueva forma de diversificación en relación con el cultivo de especies relacionadas a la acuicultura, esto basándose en una nueva realidad de producciones acuícolas donde se busca la diversificación con especies más competitivas y con una buena aceptación comercial. (Ibarra, 2019).

Es así cómo se están produciendo cantidades grandes de esta especie para luego ser exportadas a grandes mercados de Estados Unidos, todo esto, bajo el mando de diferentes empresas ecuatorianas que buscan de los cultivos de tilapia roja, una nueva forma de ingresos para la economía del país. (Ibarra, 2019).

Los cultivos se los realiza en estanques de tipo rústicos donde se excava la tierra para asegurar el uso del agua manteniéndola con oxigenación para que se pueda dar el

desarrollo y sobrevivencia de los peces. A su vez, el estanque debe tener gravedad para drenar el agua.

2.6.1 Zonas de cultivo

Las zonas donde se tiene una mayor concentración con respecto al cultivo de tilapia incluyen Esmeraldas, Guayas, Manabí y El Oro, predominando en Santa Elena, Machalilla, Chone, Jama, Machala, Puerto Bolívar y el archipiélago de Jambelí. (Ibarra, 2019).

2.6.2 Parámetros de cultivo

Para el caso de la tilapia, la temperatura puede variar de entre los 22°C a los 32°C, sin embargo, es necesario el control de ésta, puesto que, una variación afecta al metabolismo. A mayores temperaturas mayor tasa de metabolismo además del incremento en consumo de oxígeno. (Calva, 2018).

El control de los parámetros físico-químicos del agua junto con la aplicación de las diferentes técnicas de manejo, hacen que la tilapia mantenga ritmos de crecimiento continuos garantizando el buen desarrollo. Es por esto que, con la aplicación de recambios de agua, se está asegurando bajos niveles de algunos compuestos tóxicos manteniendo la calidad del agua y la sustitución de la misma por pérdidas por evaporación. (Rivas *et al.*, 2021). Por lo general, para considerar un buen recambio de agua manteniendo niveles de oxigenación y manteniendo la calidad de agua se recomiendan recambios de agua del 25% diario. (Perdomo, Corredor, & Ramirez, 2012).

Tabla 2: Parámetros para el cultivo de Tilapia roja

Parámetro	Rangos
Temperatura	25-32 °C
Oxígeno	5-9 mg/l
pH	6-9
Alcalinidad total	50-150 mg/l
Dureza total	80-110 mg/l
Calcio	60-120 mg/l
Nitritos	0-0.1 mg/l
Nitratos	1.5-2 mg/l
Amonio total	0-0.1 mg/l
Hierro	0.05-0.2 mg/l
Fosfatos	0.15-0.2 mg/l

Fuente: (Valenzuela, Martínez, & Arévalo, 2017).

El oxígeno es el principal indicador dentro de la calidad del agua por lo que para la tilapia se sugieren concentraciones superiores a los 4 mg/l. (Mariluz, 2019). A pesar de que la tilapia posee una resistencia a las bajas concentraciones de oxígeno incluso reportando concentraciones de 0,1 mg/l , esta llegaría a adaptarse, pero tendría cambios bruscos en su metabolismos por el estrés extremo que representa lo que sería perjudicial en un sistema de producción ya que mermaría sus índices de crecimiento. (Li *et al.*, 2018).

Por otro lado, (Yamaguchi *et al.*, 2018) menciona que la tilapia también tiene una adaptabilidad a la salinidad a pesar de que es un pez de agua dulce, también puede tener un desarrollo en el agua salada, en especial de la *Oreochromis mossambicus*, sin embargo, valores anormales o muy elevados causarían estrés y depresión en el organismo lo que

provocaría que deje de alimentarse y por ende deje de tener el crecimiento esperado. (Delgado, 2020).

2.7 Etapas del cultivo

En algunos cultivos se usa la tecnología Biofloc con el fin de garantizar un buen ambiente que favorezca una buena alimentación, buen ambiente, y bajos recambios de agua. Dentro de las fases de producción, la más importante y crítica está relacionada con la alimentación .

2.7.1 Adecuación ambiente Biofloc

Con esta tecnología mantiene un buen manejo de comunidades de bacterias con el cual se busca maximizar esta acción del proceso bacteriano. Para obtener buenos resultados es necesario conocer cómo actúan las bacterias, cuál es la dinámica que existen en los ecosistemas acuáticos donde los microorganismos se encargan de fijar carbono como fuente de energía con presencia del nitrógeno para que de esta manera se pueda sintetizar las proteínas. Cuando se tiene una relación C/N, un pH bajo además de una conductividad baja, es un indicativo de una capacidad baja de nitrificación, mientras que si se tiene una relación C/N baja nos está indicando un suelo agotado debido a la sobreexplotación producto del aumento de descomposición de materia orgánica. En cualquiera de estas situaciones provocan bajas en las concentraciones de algas afectando la estabilidad del medio y aumentando la problemática por acumulación de amoníaco. (Losada & Guzmán, 2019).

Para mantener el equilibrio de C:N debe permanecer en proporciones 10:1 tomando en cuenta que debido al ingreso de balanceado aportaran nitrógenos los cuales modifican esta relación, en el caso de que se produzca una modificación bajando de 10 la materia orgánica aumentara y se acumulara el amoníaco.

2.7.2 Pre Cría

Para la siembra en pre cría es necesario en primer lugar aclimatar la semilla al medio en el que se va a sembrar. Esto se hace por alrededor de 10 a 15 minutos con lo cual se busca igualar la temperatura de donde proviene la semilla con la del medio donde se va a cultivar permitiendo la adaptación de la semilla a las nuevas condiciones en las cuales van a permanecer durante 1 mes. (Losada & Guzmán, 2019).

En la pre cría se colocan alevinos con pesos promedio entre 1 a 15 gramos por lo que las densidades de siembra varían, sin embargo, suelen ir de los 50 a 60 peces/m³. Se alimentan a razón del 8 al 10% de la biomasa con balanceados al 40% de proteína. (Losada & Guzmán, 2019).

2.7.3 Levante

En el levante los pesos alcanzan los 15 a 80 gramos a densidades de 20 a 50 peces/m³. En este caso serán suministrados alimentos balanceados del 35% al 7% de la biomasa durante 1 mes. (Losada & Guzmán, 2019).

2.7.4 Pre Engorde

Aquí los peces han alcanzado los 200 gramos, sembrados a densidades de 12 a 25 peces/m³ los cuales son alimentados con una proteína al 30% al 4% de la biomasa. Este proceso dura alrededor de 3 meses o menos. (Losada & Guzmán, 2019).

2.7.5 Engorde

La tilapia en la etapa de engorde alcanza los 400 gramos por lo que se siembran a razón de 1 a 30 peces/m³, si se superan los 12 animales es necesario el uso de aireación para mantener las concentraciones de oxígeno disuelto, a su vez, el alimento balanceado se dará a razón de 24% de proteína. Esta etapa dura hasta 3 meses o hasta que alcance el tamaño comercial de cosecha. (Losada & Guzmán, 2019).

2.8 Tilapia como fuente de proteína animal y demanda

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación para el 2016 se previó un aumento en torno al consumo de pescado llegando y superando a los 31 millones de toneladas incluso que para el 2025 llegar a los 178 millones de toneladas, esto como resultado de los incrementos de producción pesquera.

Los peces han servido como fuente de proteína animal para el ser humano desde la antigüedad siendo capturados del medio natural lo cual ha sido un cambio notable puesto que ahora no solo se captura esta proteína, sino también se la produce a través de la acuicultura superando las producciones porcinas y avícolas debido a la eficiencia biológica que resulta producir 1 kilo de pescado con alrededor 1.2 kg de alimento a

diferencia de las aves que se necesita de 1.8 o los cerdos de 2.8 kilos para un animal. (Vilella, 2021).

La tilapia como fuente de alimento para el ser humano es primordial puesto que provee de una sensación de saciedad a largo plazo además de que no posee residuos de mercurio. Este contiene DHA, es decir ácido docosahexaenoico que ayuda a mejorar la circulación de la sangre, provee de un mejor desarrollo del sistema nervioso central, disminuye los niveles de colesterol. Esta posee un nivel alto de proteína, es decir por cada 100 gramos de carne de tilapia se tiene un aporte de 20 gramos de proteína sin embargo a pesar de que la tilapia no aporta hierro, si posee cantidades de complejo B lo que ayuda a mantener un peso deseable y saludable por los aportes de magnesio y zinc. (Betancourth, 2022).

2.9 Características de *Azolla anabaena*

Esta es una cianobacteria de tipo filamentosa que tiene forma longitudinal y que posee células cilíndricas con diámetros que alcanzan los 5 um. Al estar conformado por estructuras de tipo heterocistos se encuentran en forma de hilera o solas. Su pared celular es ancha que poseen varias capas y dan una ilusión de tener una característica hermética. A su vez, los heterocistos tienen la capacidad de sintetizar nitrogenasa la cual es una enzima que permite la síntesis del nitrógeno de tipo atmosférico o el que se encuentra disuelto en el agua.

Esta se encuentra en las cavidades que se forman en las hojas de *Azolla sp* de la cual esta puede protegerse tanto de forma física y química al mismo tiempo que tiene un aporte de nutrientes y otros compuestos energéticos. (Sevillano, Subramaniam, & Rodriguez, 1986).

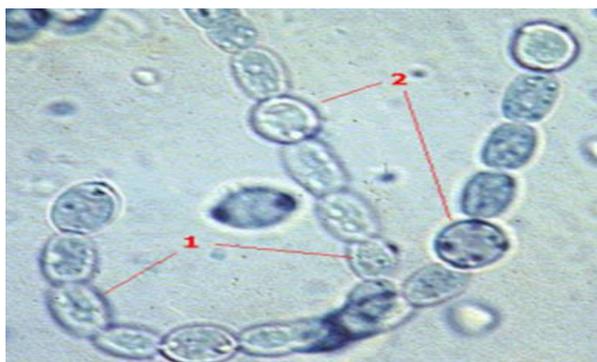


Ilustración 5: Característica *Azolla anabaena*
Fuente: (Gavilanes, 2015)

2.9.1 Taxonomía

Tabla 3: Taxonomía *Azolla anabaena*

Reino	Bacteria
Filo	Cyanobacteria
Clase	Cyanophyceae
Orden	Nostocales
Familia	Nosctocaceae
Género	<i>Anabaena</i>
Especie	<i>Azolla anabaena</i>

Fuente: (Strasburguer, 1984)

2.10 Cultivo de *Azolla sp* - *Azolla anabaena* para la alimentación de *Oreochromis sp*.

Debido a que *Azolla anabaena* es una cianobacteria que suele encontrarse en simbiosis con *Azolla sp* es recomendable mantenerla en este medio de cultivo aprovechando esta relación helecho-alga para aumentar los niveles de producción en los cultivos de tilapia. Es por esto por lo que se ha investigado el uso de esta en cultivos semi intensivos e intensivos de tilapia donde los efluentes con elevada carga de nutrientes sirven para ser transformados en diferentes proteínas y carbohidratos que son usados por los animales.

A pesar de que las plantas acuáticas son consideradas invasoras, la realidad es que en algunos países se producen por su capacidad de aumentar en biomasa rápidamente. El helecho de agua o *Azolla sp*. es una gran acumuladora de nutrientes teniendo incluso rendimiento de acumulación de nitrógeno de 155 a 250 miligramos por metro cuadrado al día (Van Hove, 1989).

El desarrollo de un sistema donde se incluya a *Azolla sp*. y *Oreochromis sp*. se basa en mantener una mayor eficiencia como un cultivo integrado donde a través del

reciclaje que se produce de los nutrientes es esencial ya que los residuos con bajos niveles nutritivos son transformados en energía y nutrientes los cuales son consumidos por la tilapia. Se extraen los nutrientes presentes en exceso y se los transforma en biomasa fresca (Pablos, 2000).

Sin embargo, hay que tomar en cuenta un factor, y es que existe un limitante para la proliferación de *Azolla sp.* siendo el fósforo aquel mencionado. A pesar de que el helecho no requiere cantidades de nitrógeno, si demanda fósforo para mantener un crecimiento semanal (Lumpkin & Plucknett, 1980). En condiciones ideales una hectárea de *Azolla sp.* puede llegar a producir entre 10 a 30 kilogramos de proteína por día. Tiene la capacidad de adaptarse a temperaturas de 5 a 28 °C por lo que no puede soportar aguas tan frías. *Azolla sp.*, al igual que otro tipo de vegetación acuática puede llegar a cultivarse a partir de los 3 días, y para su renovación simplemente es necesario dejar una semilla (Sarria, 1997).

Azolla sp. varía de acuerdo a su composición y es que esta depende de los nutrientes disponibles en la columna de agua. Es rica en proteínas, conteniendo entre 25 a 33 %, por lo que también es rica en fibra. Al igual tiene un balance ideal de aminoácidos lo que la hace ideal para la alimentación de crustáceos y peces (García & Molinet, 1996).

En un estudio realizado por (Santiago *et al.* 1987) se determinó que la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) puede tener un crecimiento con niveles de proteína de helecho de agua de hasta 42% de inclusión en las dietas con un porcentaje proteico del 30%. (El-Sayed, 1992) menciona que *Azolla* tiene un alto valor nutricional siempre que se lo suministre como alimento fresco y suplementario, ideal para especies de peces herbívoros. Otros estudios realizados mencionan que la tilapia puede consumir por día hasta el 80% en peso de *Azolla*, sin embargo, cuando se hace este tipo de cultivos se debe tomar en cuenta que la tilapia pueda llegar al helecho en la superficie.

2.10.1 Medio de cultivo

Según un estudio realizado por (Journey & Skillicorn, 1991) se logró mantener un medio de cultivo con *Azolla sp.* en un estanque colocado estratégicamente en el centro del área de estudio con el objetivo de poder alimentar a los tanques que rodean con producciones de tilapia. Con esto se pudieron obtener rendimientos de 4 toneladas por hectárea al día lo cual resulta ser equivalente a una base seca de 80 toneladas, hectárea,

año. Al usar este sistema en un solo estanque de 0,6 ha se pudo obtener una producción de 4,5 toneladas de tilapia por lo que según cálculos esto puede extenderse a 10 toneladas por año.

Al igual que (Hernández, 2001) mencionó que con el uso de *Azolla sp* pudo obtener mejores resultados productivos con una mayor eficiencia económica lo cual demuestra que este helecho tiene un gran potencial para la piscicultura. También (Edwards, 1990) pudo obtener producciones de tilapia de 3,7 toneladas/año mediante el uso de aguas con excretas aumentando ese rendimiento a 13,4 toneladas/año con el uso de *Azolla* como alimento suplementario.

2.11 *Azolla sp.*

La *Azolla sp.* Son helechos de menor tamaño, es decir, plantas flotantes que proliferan a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales, pero que a su vez dependen de diferentes rasgos biológicos como el clima. Esta planta acuática tiene una muy buena relación con la piscicultura, tomando en cuenta que la calidad del agua es fundamental para llevar a cabo la producción, y debido al mal uso y la carencia de planes de manejo se ha ido degradando (Martinez, 2018). *Azolla sp.* Tiene la capacidad de capturar algunos metales pesados que pueden resultar tóxicos . (Talebi, Sayed, & Akbarzadeh, 2019).



Ilustración 6: *Azolla sp.*
Fuente: (Gavilanes, 2015)

2.11.1 Taxonomía

Tabla 4: Taxonomía *Azolla sp*

Reino	Plantae
División	Pteridophyta
Clase	Pteridopsida
Orden	Salviniales
Familia	Azollaceae
Género	<i>Azolla</i>

Fuente: (Huayamave & Layana, 2018).

2.11.2 Características

Azolla sp., es considerada como helechos acuáticos los cuales permanecen flotando libremente por regiones tropicales y subtropicales. Existen diferentes géneros de *Azolla* como *Azolla microphylla*, *Azolla caroliniana*. (Madeira *et al*, 2016) Pertenece a la familia de las Azollaceae y se la conoce como “helecho de agua”, “doradilla”, “yerba de agua” entre otros. (Rivera, 2020).

Estas poseen un tallo ramificado que se encuentra flotando en el agua, posee un tamaño de hasta 2 cm y siempre se encuentran agrupadas conformando una planta longitudinal cuyas flores varían entre rojo y púrpura cuando se encuentran expuestas al sol y de color verde cuando se encuentran en zonas con poca luz. (Méndez *et al.*, 2018).

2.12 Uso de azolla en la acuicultura

2.12.1 Potencial en la ecología

Según (Martinez, 2018) *Azolla sp* es muy usada en la piscicultura debido a que es esencial mantener los niveles de calidad de agua siendo éste indispensable para el desarrollo de la actividad productiva, sin embargo, debido a las sobreexplotaciones este recurso está viéndose afectados por falta de manejo de los desechos teniendo incluso

concentraciones de sólidos como disueltos, nitritos, amonio y nitratos los cuales pueden verse asimilados por la presencia de *Azolla sp.* A su vez, puede concentrar metales pesados especialmente tóxicos como el Cobre, Cadmio, Níquel y el Zinc, esto gracias a la bioacumulación y a la presencia de metalotioneínas y fitoquelatinas que hacen que se ligen los metales pesados. (Talebi, Sayed, & Akbarzadeh, 2019).

2.12.2 Nutrición (Simbiosis)

Posee un potencial nutricional alto por lo que suele ser usado para la alimentación de especies acuáticas y terrestres adaptándose a diferentes ambientes contaminados incluso siendo muy usada en la biorremediación de ecosistemas acuáticos. (Rivera, 2020). *Azolla sp.* puede ser usada debido a que esta absorbe diferentes nutrientes tomando del medio, concentrándose y usándolos a su vez en forma de biomasa que puede ser aprovechado por los animales en cultivo. (Méndez *et al.*, 2018), como la tilapia roja.

2.13 Importancia de simbiosis *Azolla-Azolla anabaena*

Es la única simbiosis conocida entre una pteridofita y una cianofícea las cuales están distribuidas en aguas dulces especialmente las tropicales y templadas, además de que todas especies que conforman *Azolla* contienen a la alga azul-verdosa. (Sevillano, Subramaniam, & Rodriguez, 1986).

Puede proliferar en diferentes ambientes, sin embargo, en cultivos acuícolas, se ve limitado debido al fósforo a diferencia de otros ambientes con presencia de nitrógeno donde esta tiene un crecimiento bueno. (Méndez *et al.*, 2018). Por la simbiosis que se da entre *Azolla anabaena* y *Azolla sp.*, esta última es capaz de acumular nutrientes manteniendo rendimiento de entre 155 a 150 de N, mientras que de 60 a 75 de fósforo. (Santos, 2019). Ambas, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno, es por esto por lo que bajo las condiciones óptimas esta relación puede ser beneficios tres veces más al peso superando aún más las cantidades que logran fijar la relación rhizobium-leguminosa. (Van Hove & López, 1983). Al contener *Azolla* niveles altos de N, la hace atractiva para la alimentación del animal que se tiene en cultivo especialmente en especies de acuicultura donde se la suministra de forma fresca.

3. CONCLUSIÓN

La relación que se tiene entre *Azolla sp* – *A. anabaena* trae como resultados una buena fuente fijadora de nitrógeno atmosférico al mismo tiempo que tienen la capacidad de brindar algunas características relevantes al momento de estar juntos como la propagación, un crecimiento más rápido además de la producción de hojas con niveles de nitrógeno altos, además de que ayuda en la descomposición del suelo y no transmiten enfermedades que afectan a los cultivos lo que hace que sean perfectos biofertilizantes.

Estas características la convierten en apta para usar el medio de cultivo en las producciones de tilapia roja (*Oreochromis sp*) donde además de servir como alimento natural y fresco para la tilapia, brinda también un regulador de amoníaco (NH_3) ya que tanto el helecho como la cianofita tienen la capacidad de metabolización de este compuesto.

La simbiosis también tiene una influencia sobre la alimentación de la mojarra, puesto que *A. anabaena* al ser una fijadora de nitrógeno brindará el nitrógeno necesario para el crecimiento de *Azolla sp.* en abundancia en el medio de cultivo, con esto, la tilapia roja tendrá alimento natural disponible en el estanque a largo plazo, tomando en cuenta que es un animal omnívoro y buscará por excelencia alimento vegetal.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Arana, E., Chappel, J., Amezcuita, J., Pedroza, L., & Quintero, H. (2019). Cultivo de tilapia roja en raceway en estanque. *Gloval Seafood Alliance*, 9. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/cultivo-de-tilapia-roja-en-raceway-en-estanque/>
2. Asopespa. (25 de abril de 2018). Obtenido de <http://asopespa.org/2018/04/25/caracteristicas-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp/>
3. Barragán, A. (2017). Desarrollo de formulación y procesamiento de conserva de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) preenvasada. *Universidad Rafael Landívar*, 150. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/desarrollo-de-formulacion-y-procesamiento-de-conserva-de-1032-determinacion.html?page=1>
4. Bentsen, H., Gjedrem, T., Mai, T., & Cong, N. (1996). Breeding plan for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Vietnam: combined multi-trait selection. *Internaticonal Netword on Genetics In Aquaculture*, 11. Obtenido de https://digitalarchive.worldfishcenter.org/bitstream/handle/20.500.12348/2719/na_175.pdf?sequence=1&isAllowed=y
5. Betancourth, C. (24 de enero de 2022). *MejorconSalud*. Obtenido de <https://mejorconsalud.as.com/7-beneficios-propiedades-la-tilapia-no-conocias/>
6. Cabrera, M. (2019). Identificación y caracterización ultraestructural de monogeneos presentes en las branquias de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* asociados a las lesiones histológicas procedentes de cultivos de la provincia de San Martín. *Universidad Peruana Cayetano Heredia*, 101. Obtenido de https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/7675/Identificacion_CabreraSoregui_Milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y
7. Calva, I. (2018). Elaboración de un ensilaje biológicamente acelerado a partir de vísceras de tilapia (*Oreochromis mossambicus*) para alimentación animal. *ESPOCH*, 113. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8927/1/236T0327.pdf>
8. Carrión, E., Mayorga, G., Paredes, O., Lara, S., Hernández, G., & Osorio, K. (2020). Evaluación de la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (*Lactuca sativa L*) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua*, 58. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/7779>

9. Cassemiro, F., Bailly, D., Junio da Graca, W., & Agostinho, A. (2018). The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*, 817, 133-154. doi:<https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1>
10. Delgado, N. (2020). Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de Tilapia (*Oreochromis sp.*) en Acuaponía. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 144. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4446/delgado-gavilano-nella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Edwards, P. (1990). Use of terrestrial vegetation and. *Detritus and microbial ecology in aquaculture*, 311-335. Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH8811849>
12. El-Sayed, A. (1992). Effects of substituting fish meal with *Azolla pinnata* in practical diets for fingerling and adult Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Fisheries Management*, 23, 167-173.
13. García, C. (2019). Evaluación de la calidad nutricional funcional de la semilla del Alpiste (*Phalaris canariensis*) como fuente de fitoesteroles en alimentos balanceados para Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Universidad Autónoma de Nayarit*, 87. Obtenido de <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2304>
14. Gavilanes, E. (2015). Evaluación del hehecho de agua asociado con *Anabaena* (*Azolla anabaena*) como sustrato ecológico para producción de plantas de brócolo (*Brassica oleracea* L, variedad itálica), en la parroquia Montalvo. *Universidad Técnica de Ambato*, 112. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10941/1/tesis-039%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20335.pdf>
15. Guamán, Y. (2017). Estimación de la demanda de importación de Tilapia para U.S y la importancia económica para Ecuador. *Universidad San Francisco de Quito*, 38. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6455/1/131737.pdf>
16. Hernández, P. (2001). Avances y tecnologías en piscicultura rural familiar. *Rural Avances*.

17. Hsien-Tsang, S., & Quintanilla, M. (2008). Manual sobre reproducción y cultivo de Tilapia. *CendePesca*, 68. Obtenido de <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download>
18. Huayamave, A., & Layana, V. (2018). Determinación de la capacidad de absorción de metales pesados de la Azolla caroliniana en el Río Guayas/ Isla Santay. *Universidad de Guayaquil*, 126. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33641>
19. Ibarra Sánchez, J. (2019). Producción, comercialización y rentabilidad del cultivo de tilapia roja en el Recinto Santa Rita del Cantón Mocache. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 78. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3690>
20. Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez Romero, O., Eduardo Pérez, J., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543-550. doi:<http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
21. Journey, T., & Skillicorn, P. (1991). Ducked Aquaculture. *World Agriculture Division*, 32.
22. Li, M., Wang, X., Qi, C., Li, E., Du, Z., Qin, J., & Chen, L. (2018). Metabolic response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to acute and chronic hypoxia stress. *Aquaculture*, 495, 187-195. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.031>
23. Losada, O., & Guzmán, M. (2019). Producción intensiva de Tilapia roja con tecnología Biofloc en el Municipio de Rivera Huila. *Universidad Francisco José De Caldas*, 105. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/16255/PRODUCCION%20INTENSIVA%20DE%20TILAPIA%20ROJA%20CON%20TECNOLOGIA%20BIOFLOC%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20RIVERA%20HUILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. Lumpkin, T., & Plucknett, D. (1980). Azolla: botany, physiology, and use as a green manure. *Economic Botany*, 34(2), 111-153. Obtenido de <https://www.cabi.org/isc/abstract/19801955725>
25. Madeira, P., Hill, M., Dray, F., Coetzee, J., Paterson, I., & Tipping, P. (2016). Molecular identification of Azolla invasions in Africa: The Azolla specialist,

- Stenopelmus rufinasus proves to be an excellent taxonomist. *South African Journal of Botany*, 105, 299-305. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.03.007>
26. Mariluz, A. (2019). Evaluación de la saturación de oxígeno en los cultivos de Tilapia Nilótica (*Oreochromis Niloticus*). *Universidad Nacional del Callao*, 51. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/4437>
 27. Martinez, N. (2018). Gestión del agua en unidades de producción acuícola en los Valles Centrales de Oaxaca bajo un enfoque solidario. *Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral Regional Unidad Oaxaca*, 86. Obtenido de http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/133
 28. Méndez, Y., Pérez, Y., Reyes, J., & Puente, V. (2018). *Azolla sp* un alimento de alto valor nutricional para la acuicultura. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 20(1), 32-40. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i1.527>
 29. Méndez-Martínez, Y., Pérez-Tamames, Y., Torres-Navarrete, Y., & Reyes-Pérez, J. (2018). State of the art of cultivation of red Tilapia in the largest of Antillas Island. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 20(2), 15-24. Obtenido de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/593/251>
 30. Oyola, R. (2018). Desarrollo de un balanceado no tradicional con tres niveles de proteína vegetal para el crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10266/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-40.pdf>
 31. Pablos, H. (2000). Nutritive value of aquatic plants for chicks. *Poultry Science*, 55, 1917-1921.
 32. Perdomo, D., Corredor, Z., & Ramirez, L. (2012). Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en una zona cálida tropical. *Zootecnia Tropical*, 30(1), 99-108. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v30n1/art11.pdf>
 33. Pesca, I. N. (21 de Marzo de 2018). *Acuicultura*. Obtenido de <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>
 34. Ríos, R. (2022). Cartilla práctica para el cultivo de tilapia (*Oreochromis sp.*). *AquaDocs*, 32. Obtenido de

- <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/8121/Cartilla%20%20pr%c3%a1ctica%20para%20el%20cultivo%20de%20tilapia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
35. Rivas, D., Silva, R., Barrios, R., & Noriega, A. (2021). Recambios de agua, su efecto sobre características físico-químicas y crecimiento en juveniles de tilapia roja. *Espamciencia*, 12(1), 9. Obtenido de https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.260
 36. Rivera, L. (2020). Comportamiento de la azolla (*Azolla spp.*) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Cumbres*, 3(2), 95-105. doi:<https://doi.org/10.48190/cumbres.v3n2a9>
 37. Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. *Coastal Resources Center*, 24. Obtenido de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
 38. Santiago, C., Aldaba, M., Reyes, O., & Laron, M. (1987). Response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry to diets containing Azolla meal. *Seafdec*, 16-20. Obtenido de <https://repository.seafdec.org.ph/handle/10862/309>
 39. Santos, B. (2019). Uso de la planta acuática flotante *Azolla sp.* como suplementos alimenticios de consumo directo en el cultivo de *Cyprinus carpio*. *UTMACH*, 30. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14669/1/DE00005_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
 40. Sarria, P. (1997). Sistemas integrados de producción: Alternativa para los pequeños productores de las montañas. *Science*. Obtenido de <http://www.science.produc.edu/lemn.htm>
 41. Sevillano, F., Subramaniam, P., & Rodriguez, C. (1986). La asociación simbiótica fijadora de nitrógeno atmosférico Azolla-Anabaena. *Centro de Edafología y Biología Aplicadas del CSIC*, 11, 233-252. Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/n18cscx>
 42. Strasburguer. (1984). *Anabaena azollae*. *Integrated Taxonomic Information System*. Obtenido de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133#null
 43. Talebi, M., Sayed, B., & Akbarzadeh, H. (2019). Hyperaccumulation of Cu, Zn, Ni, and Cd in Azolla species inducing expression of methallothionein and

- phytochelatin synthase genes. *Chemosphere*, 488-497.
doi:10.1016/j.chemosphere.2019.05.098
44. Torres, H. (2018). Evaluación de la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la Harina de pescado y su efecto en parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la Tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Universidad de Cundinamarca*, 87. Obtenido de <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/2321>
45. Valenzuela, R., Martínez, P., & Arévalo, J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Universidad Surcolombiana*, 9. doi:<https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
46. Van Hove, C., & López. (1983). Fisiología de Azolla. *Universidad Nacional de Colombia*, 1(1), 43-58.
47. Vilella, F. (08 de Agosto de 2021). *Rural*. Obtenido de https://www.clarin.com/rural/acuicultura-principal-fuente-proteinas-animales-mundo_0_xlr6WS9nO.html
48. Yamaguchi, Y., Breves, J., Haws, M., Lerner, D., Gordon, E., & Seale, A. (2018). Acute salinity tolerance and the control of two prolactins and their receptors in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Mozambique tilapia (*O. mossambicus*): A comparative study. *General and Comparative Endocrinology*, 168-176. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2017.06.018>
49. Zambrano, S. (2020). Transaminasa Glutámico Oxalacética, hematocritos e ionogramas en juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) con inclusión de Quitosano en dieta. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 86. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5965/1/T-UTEQ-00273.pdf>