

# 14

---

Fecha de presentación: enero, 2020

Fecha de aceptación: febrero, 2020

Fecha de publicación: abril, 2020

## EVALUACIÓN DE POTENCIALIDADES DEL HELECHO ACUÁTICO AZOLLA SP. UTILIZADO COMO ALTERNATIVA ALIMENTICIA DE *AEQUIDENS RIVULATUS*

### EVALUATION OF THE POTENTIAL OF THE WATER FERN AZOLLA SP. USED AS A DIETARY ALTERNATIVE OF *AEQUIDENS RIVULATUS*

Leonor Margarita Rivera Intriago<sup>1</sup>

E-mail: [lrivera@utmachala.edu.ec](mailto:lrivera@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9407-1525>

Irán Rodríguez Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [irodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irodriguez@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

Oliverio Napoleón Vargas González<sup>1</sup>

E-mail: [ovargas@utmachala.edu.ec](mailto:ovargas@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0820-6340>

Milton Luis Cun Jaramillo<sup>1</sup>

E-mail: [mcun@utmachala.edu.ec](mailto:mcun@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3663-709X>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rivera Intriago, L. M., Rodríguez Delgado, I., Vargas González, O. N., & Cun Jaramillo, M. (2020). Evaluación de potencialidades del helecho acuático *Azolla* Sp. Utilizado como alternativa alimenticia de *Aequidens Rivulatus*. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 91-96.

#### RESUMEN

La *Azolla* es un helecho acuático que presenta potencialidades, tanto en la alimentación de peces, como en fitorremediación de ambientes acuáticos contaminados. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la *Azolla* sp., utilizada como fuente alimenticia, en la longitud y peso de *Aequidens rivulatus*. La investigación se desarrolló en la finca agrícola "El Cisne" ubicada en la Parroquia Loma de Franco, Cantón Pasaje, Provincia de El Oro, en las coordenadas UTM: 634755.63 m longitud Este y 9630107.73 m de Latitud Sur. El factor de estudio se segmentó en tres tratamientos con cuatro repeticiones que fueron distribuidos completamente al azar en estanques de cemento de un metro cuadrado. Los tratamientos fueron: *Azolla* (T1), 50% de *Azolla* + 50% de balanceado (T2), 100% de balanceado (T3). En cada estanque se transfirieron 10 peces (*A. rivulatus*), los mismos que tuvieron un mes de adaptación para luego aplicarles los tratamientos respectivos. La frecuencia de alimentación fue de dos veces por día. Cada 15 días se efectuaron las mediciones de peso (g) mediante uso de balanza gramera y crecimiento de peces (ictiómetro). Cada ocho días se efectuaron las mediciones de parámetros físicos, químicos, así como también la carga de coliformes fecales. Se concluye que la aplicación de *Azolla* sola no incrementa la longitud y peso de *A. rivulatus*, lo que puede estar influenciado por las condiciones climáticas en las que se desarrolló el bioensayo, destacándose los valores de 1,6 °C menos de temperatura; 0,39 ppm más de salinidad; 0,1 mg/L más de nitratos y 152,1% de incremento en las precipitaciones.

#### Palabras clave:

Crecimiento, peso, estanque, parámetros físicos y químicos.

#### ABSTRACT

The *Azolla* is an aquatic fern with potential for both fish feeding and phytoremediation of contaminated aquatic environments. The objective of this study was to evaluate *Azolla* sp. as food source and its effect on the length and weight of the fish *Aequidens rivulatus*. The research was carried out in the agricultural farm "El Cisne" located in the Loma de Franco Parish, Pasaje Canton, El Oro Province, Ecuador at the UTM coordinates: 634755.63 m, east longitude and 9630107.73 m south latitude. The study factor was divided into three treatments with four replicates that were distributed completely at random in one square meter cement tanks. The treatments were: *Azolla* (T1), 50% of *Azolla* + 50% of balanced feed (T2), 100% of balanced feed (T3). In each pond, 10 fish (*A. rivulatus*) were transferred, and had a month of acclimation before exposed to the respective treatments. The feeding frequency was twice per day. Using a gram scale balance and ichthyometer, fish growth was measured every 15 days. Measurements of physical and chemical parameters, as well as the fecal coliform load were made every eight days. In conclusion, the application of *Azolla* alone does not by itself is able to increase the length and weight of *A. rivulatus*, which could have been influenced by the climatic conditions in which the bioassay was carried out, standing out the values of 1.6 °C less temperature; 0.39 ppm more salinity; 0.1 mg/L of more nitrates and 152.1% increase in precipitation.

#### Keywords:

Growth, weight, pond, physical and chemical parameters.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado la preocupación y ocupación de los países por la sostenibilidad de los procesos conducentes al desarrollo, y se ha asumido como una responsabilidad en los gobiernos y la sociedad civil; lo que ha permitido avanzar en el establecimiento de mecanismos encaminados a la evaluación, seguimiento y control de indicadores de sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuaria (Fawaz & Vallejos, 2011).

Sin embargo, el manejo y producción de especies para la alimentación humana es cada vez más insostenible debido a los altos costos y afectaciones al medio ambiente, por tal motivo, se buscan alternativas para incrementar la cantidad y mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos en armonía con la naturaleza.

Una de las alternativas es producir peces alimentados con fuentes biológicas que garantizan una producción sostenible en el tiempo y beneficios de sustento a productores, familias y entorno; como es el caso de *Azolla* sp., una planta que puede ser utilizada como fuente de alimento para peces del género *Aequidens rivulatus* Günther, 1860.

La *Azolla* pertenece a la familia Azollaceae, es un helecho acuático que flota libremente, su nombre proviene de las palabras griegas Azo (secar) y olya (matar), lo que significa que lo destruye la sequía, por lo que debe permanecer siempre en lugares húmedos y con poca luminosidad.

Rivera, Vargas & Cun (2017), indican que la *Azolla* es una planta de fácil propagación en medios húmedos y en temperaturas cálidas, que alcanza su mayor peso y desarrollo en ambientes con sustrato orgánico con columna de agua y sin techo. La reproducción asexual o vegetativa se caracteriza por la fragmentación de ramas laterales que forman una nueva planta y la sexual se produce por esporas que se forman dentro del esporocarpo, ubicado en el envés de las hojas.

Smith, et al. (2006), mencionan que dentro del género *Azolla*, se encuentran las especies rubra, mexicana, fuliculoides y microphylla, las cuales mediante técnicas moleculares han sido identificadas en suelos de diferentes Estados de México; además podrían tener un potencial biotecnológico, como la desintoxicación de sistemas acuáticos contaminados con metales pesados y metaloides.

La *Azolla* tiene una composición química en peso seco de 5% de nitrógeno; 0,5% de fósforo; entre 2-4,5% de potasio; entre 0,1-1,0% de calcio; 0,65% de magnesio; 0,16% de manganeso; 0,26% de hierro; entre 3,0-3,3% de grasas; entre 3,4-3,5% de azúcar; 6,5% de almidón; entre 0,34-0,55% de clorofila y 10,0% de cenizas (Carrapico, Teixeira & Dini, 2000). Por otro lado,

Rosales, et al. (2002), señalan que contiene de 206 a 245 g de cenizas por kg seco, 500 g de fibras totales y alrededor del 280 g por kg seco de proteínas. Las aplicaciones de la *Azolla* son múltiples, entre ellas, alimento para aves, peces y rumiantes, fertilizante orgánico, además tiene la capacidad de remover fósforo y metales pesados.

Rosales, et al. (2002), mencionan que es importante la implementación de sistemas mixtos de alimentación, donde se incluya la utilización de plantas acuáticas ya que podría ser un aporte importante para solucionar las deficiencias proteicas en las dietas de diferentes especies, ya que estas pueden producirse fácilmente en la finca a bajo costo, durante todo el año y con un buen contenido de proteína que puede ser aprovechado por animales omnívoros.

Datta (2011), al evaluar la eficacia de la mezcla seca de *Azolla* en la alimentación de *Labeo rohita* al 15-25-35%, obtuvo el mayor aumento de peso en la dieta que contenía 25% de mezcla de *Azolla* en la dieta alimenticia con una tasa de crecimiento específico de 0,7468%/día.

*A. rivulatus* es una especie acuática perteneciente a la familia Cichlidae y nativa de la cuenca del Pacífico. Es un cíclido de gran tamaño. El macho puede llegar a medir hasta 30 cm, mientras que la hembra alcanza 20 cm. Es de cuerpo alto, lateralmente comprimido, posee mentón y en la mejilla presenta múltiples líneas de color azul eléctrico y una mancha negra a la mitad del costado. Se distribuye desde Ecuador hasta Perú (Mendoza, 2004); se puede encontrar en la provincia de El Oro, en el Humedal la Tembladera; presenta una alta vulnerabilidad a la tilapia debido a su introducción en los ecosistemas, por lo que para evitar su extinción como especie se deben crear mecanismos que favorezcan su conservación.

Por otro lado, Mendoza (2004), considera que *A. rivulatus*, además de tener importancia ornamental, es fuente de alimento y empleo para las poblaciones carentes de recursos económicos.

Se dispone de escasa información sobre sus diferentes fases de desarrollo, épocas de desove y factores hidrográficos que los afectan, por tal razón es importante obtener información para establecer medidas regulatorias que permitan controlar su explotación; aunque, es conocido que el hábitat de la mayoría de los cíclidos es en aguas de curso lento, donde las rocas y vegetación le sirven de protección. Esta especie es bento pelágico, habita en el cauce inferior de los ríos de aguas turbias o claras de fondo fangoso. Presenta hábitos alimenticios omnívoros, sin embargo, los copépodos son importantes dentro de su alimentación.

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de *Azolla* sp. utilizada como alternativa alimenticia, en longitud y peso de *Aequidens rivulatus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación fue realizado en el periodo comprendido entre los meses de agosto a octubre de 2017, en la finca agrícola El Cisne, ubicada en la Parroquia Loma de Franco del cantón Pasaje, Provincia de El Oro, en las coordenadas UTM: 634755.63 m longitud Este y 9630107.73 m de Latitud Sur. El Cantón Pasaje presenta un clima tropical húmedo, alternado con periodos menos lluviosos, con temperaturas entre 20 y 35 °C y precipitaciones variables, con un rango promedio de 500-1250 mm anuales. Las precipitaciones mensuales reportadas por la estación meteorológica Granja Santa Inés (Universidad Técnica de Machala) correspondientes a los meses de agosto-septiembre y octubre, fueron de 37,1 mm, promedio superior al referenciado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Anuario Meteorológico de Ecuador (2012), que alcanza 24,4 mm. El clima durante los meses de duración del ensayo fue considerado como invierno atípico, donde se presentaron inundaciones y bajas temperaturas.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño completamente al azar con distribución aleatoria de los tratamientos en el área experimental. Los tratamientos objeto de estudio fueron: *Azolla* al 100%; *Azolla* más balanceado al 50% cada uno y balanceado comercial al 100%.

Para el desarrollo del experimento se utilizaron 12 estanques de concreto armado (unidades experimentales), con dimensiones de 1,70 m de largo, 1,20 m de ancho y 0,45 m de altura, los cuales se mantuvieron conectados entre sí, con tuberías de PVC, con la finalidad de garantizar la distribución y el mantenimiento del volumen de agua constante (0,60 m<sup>3</sup>). La aireación se efectuó desde el fondo de cada estanque de acuerdo a la metodología utilizada por Poleo, et al. (2011). En cada unidad experimental se sembraron 10 alevines de *A. rivulatus* (Rabello, 2015), provenientes de una misma cohorte producidos en la Estación piscícola La Tembladera del Consejo Provincial El Oro, con 28 días de edad y un peso promedio de 0,92 g y que constituyen las unidades de estudio.

Los peces fueron alimentados en horas de la mañana (09h00). Se utilizó *Azolla* fresca con un 19% de proteína (método Kjeldahl) y balanceado comercial al 35% de proteína (Tacon, 1989). Cada día fueron removidos los restos de los alimentos que no fueron consumidos, para aplicar nuevamente el alimento, sobre todo la *Azolla* ya que se multiplica rápidamente y eso podría incidir en los tratamientos.

Las variables longitud y peso de los peces fueron medidas cada quince días. La longitud se obtuvo

mediante el empleo del ictiómetro y el peso mediante el empleo de la balanza Ohaus. La sobrevivencia final en cada estanque fue determinada de forma manual mediante conteo de peces vivos.

Las variables físicas fueron evaluadas cada ocho días. La temperatura y oxígeno fueron medidas con la utilización de un multiparámetro digital marca YSI, modelo 550 A. El pH y la salinidad del agua se determinaron por potenciometría. Los parámetros químicos de nitritos y nitratos contenidos en agua se midieron al inicio y final del bioensayo mediante el espectrofotómetro 3900.

Para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos objeto de estudio en función de las variables evaluadas se realizó Análisis de Varianza de un factor intersujetos, previo cumplimiento de los requisitos para efectuar pruebas paramétricas. En caso de presentarse diferencias entre los tratamientos y con la finalidad de conocer el mejor o los mejores tratamientos se aplicó prueba de rangos múltiples de Scheffe. El procesamiento de datos se efectuó con un nivel de confiabilidad del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud de los peces para los tratamientos 100% de balanceado y balanceado más *Azolla* al 50% cada uno, alcanzaron valores de 6,36 y 6,26 cm respectivamente, valores similares estadísticamente, aunque diferentes al valor obtenido en el tratamiento con *Azolla* sola donde alcanzaron un promedio de 4,46 cm (Figura 1).

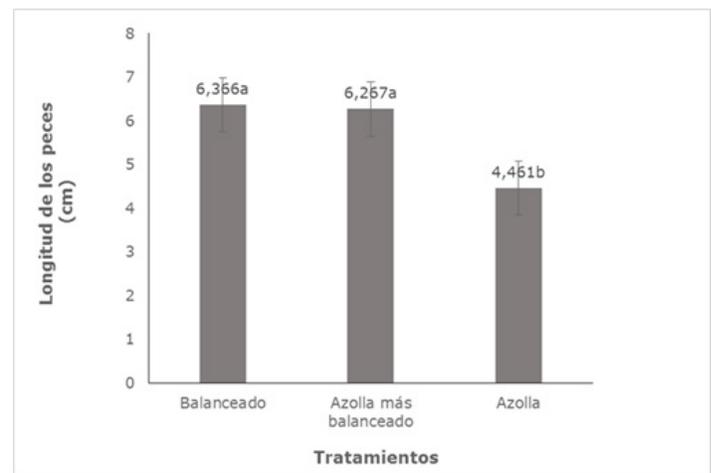


Figura 1. Comportamiento de la longitud de los peces en los tratamientos objeto de estudio.

\*Letras diferentes para cada tratamiento difieren estadísticamente para p-valor < 0,05 (prueba de Scheffe).

La variable peso en los tratamientos balanceado solo (5,564 g) y *Azolla* más balanceado (5,447 g) presentaron los mayores valores, estadísticamente iguales entre ellos, aunque diferentes al tratamiento donde se aplicó *Azolla* sola, donde se obtuvo 1,868 g. Estos

valores pueden constituir un indicador que evidencia el efecto del contenido de proteína presente en los tratamientos donde se combinó *Azolla* más balanceado y donde se aplicó balanceado de forma individual (Figura 2).

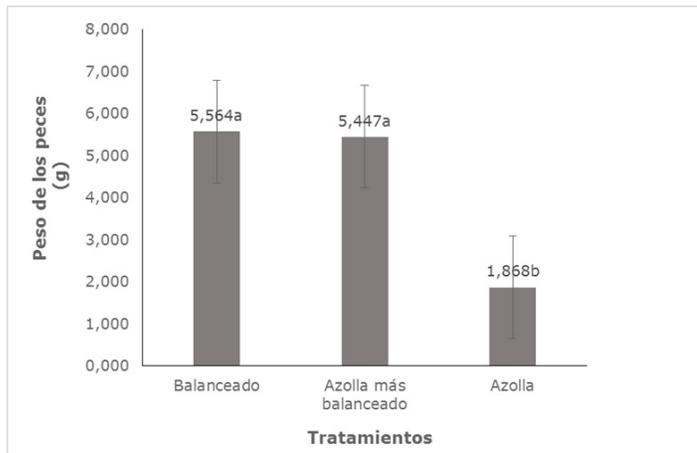


Figura 2. Comportamiento del peso de los peces en los diferentes tratamientos objeto de estudio.

\*Letras diferentes para cada tratamiento difieren estadísticamente para  $p$ -valor < 0,05 (prueba de Scheffe).

Los resultados evidencian que la *Azolla* bajo las condiciones del bioensayo, cuando se aplicó de forma individual a los peces, no favoreció el incremento de crecimiento y peso de *A. rivulatus*, lo que puede atribuirse al bajo contenido de proteína que presenta este helecho acuático, el cual no es suficiente para suplir los requerimientos alimenticios de la especie. Tacon (1989), menciona que el requerimiento óptimo de proteína para los peces es del 35%, ya que entre las funciones que tienen las proteínas, consta la de formación de hormonas, enzimas, anticuerpos y hemoglobina. Adicionalmente, Uribe & Luna (2003), en trabajos realizados en el Bagre, atribuyen que sus mejores resultados en crecimiento y peso se obtuvieron con la utilización de una dieta con un porcentaje del 53,57% de proteína. Sin embargo, Visbal, et al. (2013), en investigaciones realizadas en *Prochilodus mariae*, y al experimentar con varios porcentajes de proteínas (15, 25, 35 y 45%) determinaron que la mejor respuesta en crecimiento fue la dieta al 35% de proteína.

Méndez, et al. (2017), indican que la *Azolla* tiene una composición química que depende del balance de nutrientes en la columna de agua y del manejo del cultivo. Bhaskaran & Kannapan (2015), reportan que la *Azolla* presenta valores de 25 al 33% de proteína bruta en la materia seca. Méndez, et al. (2017), mencionan que la *Azolla* por poseer un adecuado nivel de fibra bruta la hace muy aplicable para las dietas en peces y crustáceos.

En relación con la temperatura promedio del agua se determinó un promedio de 23,4 °C para todas las

unidades experimentales, valor menor al límite permisible para la especie (Figura 3).

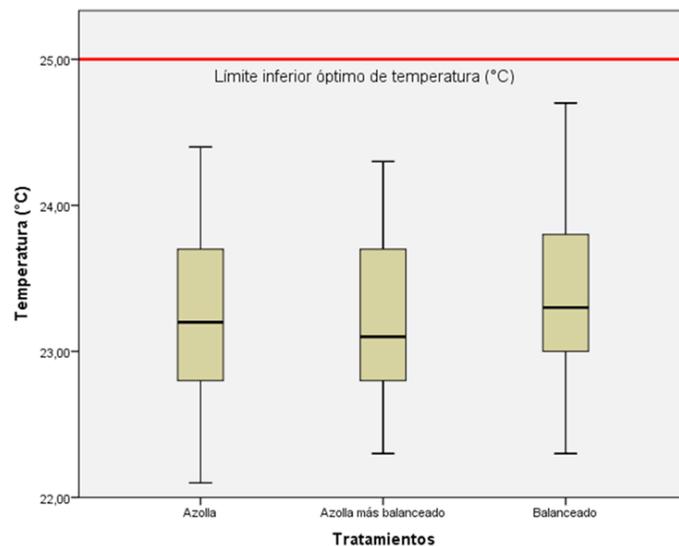


Figura 3. Comportamiento de la temperatura del agua en cada tratamiento.

Mendoza (2004), menciona que *A. rivulatus* soporta temperaturas entre 20 y 26 °C, aunque no se dispone de suficientes trabajos científicos que corroboren lo mencionado. Sin embargo, al considerar los rangos de tolerancia de temperatura para tilapia que es una especie omnívora al igual que *A. rivulatus*, mencionados por Saavedra (2006), quien indica que los rangos de temperatura óptimos se encuentran entre 25 y 32 °C, tolerando temperaturas inferiores, pero con afectación al crecimiento. Por lo expuesto, se podría inferir que para *A. rivulatus* la temperatura de 23,4 °C presentó un efecto negativo en el crecimiento y peso. El factor temperatura influye en varios parámetros tanto físico, químicos como biológicos, dentro de este último incide en el retardo o aceleración de la actividad biológica entre otros, por ello, es importante tener conocimiento de los cambios de temperatura del agua (Bautista & Ruiz, 2011).

Por otro lado, los parámetros pH y oxígeno alcanzaron valores promedio de 8,3 y 5,8 mg/L respectivamente, considerados normales para el crecimiento de los peces (Mayer, 2012). La salinidad promedio fue de 0,11 ppm (Figura 4), sin embargo, este propio autor menciona que los valores de salinidad estándar para el cultivo de peces deben ser menores a 0,5 ppm. Se puede inferir que este parámetro afectó al crecimiento de los peces.

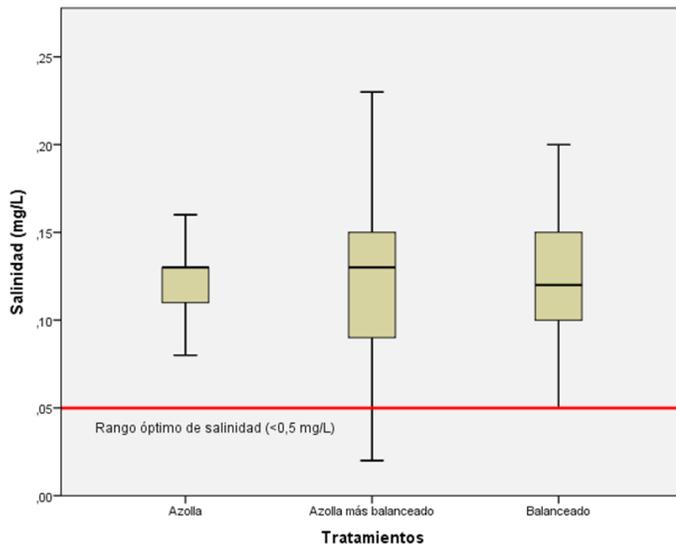


Figura 4. Salinidad promedio en los tratamientos objeto de estudio. En cuanto a los parámetros químicos como nitratos y nitritos se obtuvo un promedio de 2,1 mg/l (Figura 5) y 0,030 mg/l respectivamente.

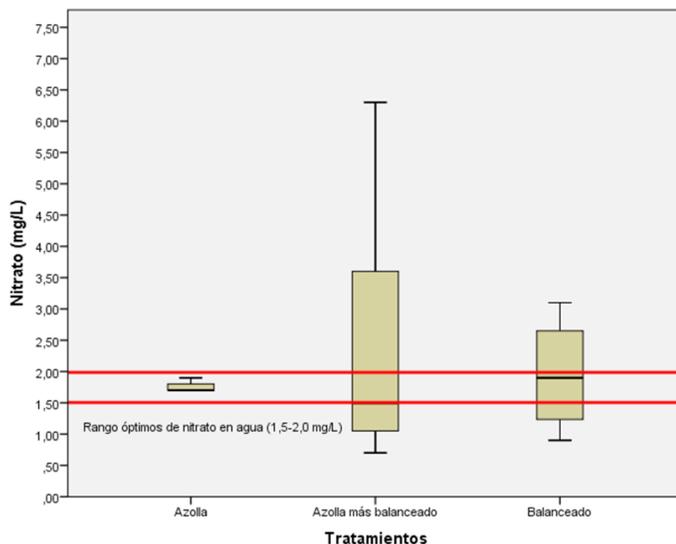


Figura 5. Comportamiento del nitrato en el agua de los tratamientos objeto de estudio.

El contenido promedio de nitrato tiene un exceso de 0,1 mg/l y al considerar el rango óptimo de 1,5-2,0 mg/l (Saavedra, 2006), se asume que es un factor que influyó en la longitud y peso de *A. rivulatus*.

## CONCLUSIONES

La aplicación de *Azolla* sp. sola, generó los menores valores de longitud (4,46 cm) y peso (1,868 g) en *A. rivulatus*, diferentes estadísticamente a los tratamientos donde se combinó con balanceado [crecimiento (6,26 cm) y peso (5,447 g)] o donde el concentrado balanceado se aplicó de forma individual [crecimiento (6,36 cm) y peso (5,564)], entre los cuales no se presentaron diferencias estadísticas para ambas variables, lo que evidencia que el contenido proteico

de *Azolla* (19%) y el concentrado alimenticio (30%) pueden afectar el desarrollo de la especie. El porcentaje de supervivencia de *A. rivulatus* cuando se aplicó *Azolla* sola fue de 72,5%, valor menor al obtenido en los tratamientos donde se aplicó balanceado individual (95,0%) y balanceado combinado con *Azolla* (82,5%). De forma general en los peces se presentan bajos valores de crecimiento (4,30 cm) y peso (4,293 g) en *A. rivulatus*, en lo que, probablemente, influyeron las condiciones en las que se desarrolló el bioensayo, donde se presentaron diferencias en relación con los valores normales (1,6 °C menos de temperatura; 0,39 ppm más de salinidad; 0,1 mg/L más de nitratos), además, en el periodo estudiado se presentó un incremento de las precipitaciones en un 152,1% comparado con el promedio histórico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bautista, J., & Ruiz, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembranas. *Fuente*, 3(8), 10-14.
- Bhaskaran, S., & Kannapan, P. (2015). Nutritional composition of four different species of *Azolla*. *European Journal of Experimental Biology*. 5(3), 6-12.
- Carrapico, F., Teixeira, A., & Diniz, A. (2000). *Azolla* as a biofertilizer in Africa. A challenge for the future. *Revista de Ciencias Agrarias*, 23 (3-4), 120-138.
- Datta, S. N. (2011). Culture of *Azolla* and its efficacy in diet of *Labeo rohita*. *Acuaculture*, 310(3-4), 376-379.
- Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Anuario Meteorológico. (2012). Anuario. *Meteorológico*. INAMHI. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologicos/Am%202012.pdf>
- Fawaz, J., & Vallejos, R. (2011). Calidad de vida, ocupación, participación y roles de género: un sistema de indicadores sociales de sostenibilidad rural (Chile). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(67), 45-68.
- Mayer, E. (2012). Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces. *Aquafeed*. <http://www.aquafeed.co/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/>
- Méndez, Y., Pérez, Y., Reye, J., & Puente, V. (2017). *Azolla* sp., un alimento de alto valor nutricional para la Acuicultura. *Biotechnia*, 10(1), 32-40.
- Mendoza, R. (2004). Aspectos bioecológicos de *Aequidens rivulatus* (Pisces: Cichlidae). <http://www.ciclidomexico.com/articulos/Aequidensrivulatus.pdf>
- Poleo, G., Aranbarrio, J., Mendoza, L., & Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades. *Pesq. agropec. bras.*, 46(4), 429-437.

- Rabello, D. (2015). Estimación de densidad de cultivo de peces en estanques y jaulas. Embrapa Agrossilvipastoril - Circular Técnica (INFOTECA-E). <https://www.aquahoy.com/el-acuicultor/24882-estimacion-de-densidad-de-cultivo-de-peces-en-estanques-y-jaulas>
- Rivera, L., Vargas, O., & Cun, M. (2017). Comportamiento de la Azolla (*Azolla* sp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Cumbres*, 3(2), 9-16.
- Rosales A., Quintero J., Buritica A., Londono A., Sarria P., Leterme P., Boudry, C., & Buldgen, A. (2002). Valor nutricional de las plantas acuáticas *Azolla* y *Salvinia* en cerdos. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/32746/1/Valor%20nutricional%20de%20las%20plantas%20acuaticas.pdf>
- Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Managua-Nicaragua. <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Smith, A., K, M., Pryer, E., Schuettpelez, p., Korall, H., Schneides, R., & Cranfill. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3), 705-731.
- Tacon, A. (1989). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S00.htm>
- Uribe, E., & Luna, J. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de cría del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *AquaTic* (18), 39-47.
- Visbal, T., Morillo, M., Altuve, D., & Aguirre, P. (2013). Nivel óptimo de proteínas en la dieta para alevines de *Prochilodus mariae*. *Rev Chil Nutr*, 40(2), 1-6.