

# Biotecnología agropecuaria aplicada

Leandris Argentel-Martínez  
Ofelda Peñuelas-Rubio  
Lucila Perales-Aguilar  
Ugur Azizoglu  
Editores



Pantanal Editora

2024

**Leandris Argentel-Martínez**  
**Ofelda Peñuelas-Rubio**  
**Lucila Perales-Aguilar**  
**Ugur Azizoglu**  
Editores

# **Biotecnología agropecuaria aplicada**



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Jefe:** Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Ejecutivos:** Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diseño:** El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

### Consejo editorial

#### Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu  
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña  
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira  
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques  
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Prof. Dra. Patrícia Maurer  
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Prof. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Institución

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
SED Mato Grosso do Sul  
UEMA  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Consejo Científico Técnico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

**Catalogación en publicación**  
**Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166**

B616

Biotecnología agropecuaria aplicada / Edición de Leandris ArgenteL-Martínez, Ofelda PeñueLas-Rubio, Lucila Perales-Aguilar, Ugur Azizoglu. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.  
203p. ; il.

Reserva en PDF

ISBN 978-65-85756-36-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756365>

1. Biotecnología en la agricultura. 2. Microorganismos. I. ArgenteL-Martínez, Leandris (Editores). II. PeñueLas-Rubio, Ofelda (Editores). III. Lucila Perales-Aguilar (Editores). IV. Azizoglu, Ugur (Editores). V. Título.

CDD 631.52

Índice del catálogo sistemático

I. Biotecnología en la agricultura



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Presentación**

Sin duda, la biotecnología representa una de las áreas científicas de mayor avance y aplicación en la actualidad. Aun cuando sus inicios fueron hace miles de años, con la obtención de cerveza y queso, gracias al avance científico-tecnológico en las ciencias relacionadas con la biología, se ha potenciado la rama agropecuaria.

En México, considerando que las actividades de producción agrícola y pecuaria son primordiales para el desarrollo del país, existe gran interés de la comunidad científica para buscar alternativas que den solución a los problemas más relevantes que limitan la producción de alimentos.

El presente compendio científico “**Biología agropecuaria aplicada**” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI-CONACYT) de los Estados Unidos Mexicanos.

**Los Autores**

## Resumen

|   |            |
|---|------------|
| <b>Presentación</b>   | <b>4</b>   |
| <b>Capítulo 1</b>   | <b>6</b>   |
| Perspectivas de la aplicación del microbioma bacteriano de <i>Parkinsonia aculeata</i> en suelos salinos  | 6          |
| <b>Capítulo 2</b>   | <b>17</b>  |
| Microorganismos promotores del crecimiento vegetal y yeso agrícola en el cultivo de uva industrial variedad <i>Cabernet sauvignon</i> , Valle del Yaqui                   | 17         |
| <b>Capítulo 3</b>   | <b>26</b>  |
| Efecto de pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos antioxidantes y antifúngicos en <i>Euphorbia prostrata</i> (golondrina)                                      | 26         |
| <b>Capítulo 4</b>   | <b>36</b>  |
| Evaluación de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de <i>Amaranthus hybridus</i> para cultivo de tilapia ( <i>Oreochromis aureus</i> )                  | 36         |
| <b>Capítulo 5</b>   | <b>48</b>  |
| Potencial del género <i>Pleurotus</i> como agente biorremediador en la eliminación de metales pesados de suelos: un enfoque biotecnológico para la agricultura sostenible | 48         |
| <b>Capítulo 6</b>   | <b>59</b>  |
| El papel de las bacterias quitinolíticas en interacciones planta-patógeno y su potencial empleo biotecnológico en la agricultura  | 59         |
| <b>Capítulo 7</b>   | <b>71</b>  |
| Avances en el desarrollo de micoherbicidas para el manejo agroecológico de la correhuela ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) en la agricultura                              | 71         |
| <b>Capítulo 8</b>   | <b>84</b>  |
| Caracterización fisicoquímica parcial de la harina de grillo domestico <i>Acheta domesticus</i> como ingrediente novedoso en formulaciones                                | 84         |
| <b>Capítulo 9</b>   | <b>93</b>  |
| El género <i>Bacillus</i> como aliado en la agricultura sostenible  | 93         |
| <b>Capítulo 10</b>  | <b>114</b> |
| <i>Trichoderma</i> , bioinsumo para la agricultura sustentable y protegida  | 114        |
| <b>Capítulo 11</b>  | <b>135</b> |
| El papel de la Agrobiotecnología en la Agricultura  | 135        |
| <b>Capítulo 12</b>  | <b>148</b> |
| Cromatografía: Una técnica esencial en la Biotecnología Agropecuaria  | 148        |
| <b>Capítulo 13</b>  | <b>186</b> |
| Propagación <i>in vitro</i> de Cactáceas y Agaváceas tolerantes a metales pesados en el suelo   | 186        |
| <b>Índice Remissivo</b>   | <b>202</b> |
| <b>Editores</b>   | <b>203</b> |

# Evaluación de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de *Amaranthus hybridus* para cultivo de tilapia (*Oreochromis aureus*)

Recibido em: 08/05/2024

Aprobado en: 29/05/2024

 10.46420/9786585756365cap4

Joe Luis Arias Moscoso<sup>1</sup> 

Alba Roció Ochoa Meza<sup>1</sup> 

Dulce Alondra Cuevas Acuña<sup>2</sup> 

Barbara Aboites Martínez<sup>1</sup> 

Jaime Edzael Mendivil Mendoza<sup>1</sup> 

Francisco Cadena Cadena<sup>1\*</sup> 

## RESUMEN

En la acuicultura, la alimentación representa casi la mitad de los costos de producción, siendo crucial para la salud y el bienestar de los peces. Las dietas T1, T2 y T3 mostraron un mayor contenido de proteína y fibra en comparación con un grupo control alimentado con alimento comercial puro. Esto favorece un crecimiento saludable y digestión eficiente, con menos grasa para mantener un peso corporal adecuado y reducir riesgos de enfermedades. Además, todas las dietas mantuvieron niveles adecuados de cenizas y mostraron mayor contenido energético en T1, T2 y T3. Estudios anteriores respaldan la sustitución parcial de la harina de pescado por fuentes alternativas de proteína como harina de lenteja o grillo, mejorando la composición nutricional y el rendimiento de los peces. T1 destacó por su mejor crecimiento frente al control, mientras que T2 y T3 mostraron crecimiento inferior en fases posteriores del estudio. Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron óptimos para la tilapia, incluyendo temperatura y oxígeno disuelto. Las dietas con proteínas vegetales, aunque a menudo vistas como inferiores a la harina de pescado, demostraron ser superiores en costo-beneficio y salud de los organismos, resaltando la harina de *Amaranthus hybridus* como sustituto sostenible con alta tasa de supervivencia.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha consolidado como una actividad económica importante en diversos países, aprovechando la capacidad de ciertos organismos acuáticos para adaptarse a varios entornos y alcanzar altos niveles de producción comercial. Estos peces se distinguen por su rápido crecimiento, eficiente

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/I. T. del Valle del Yaqui. Av. Tecnológico, Block 611, Bácum, Sonora. México.

<sup>2</sup> Universidad de Sonora. Bulevar. Bordo Nuevo s/n, antiguo Ejido Providencia, Cd. Obregón, Sonora, México. CP 85010  
Autor correspondiente: fcadena.cadena@itvy.edu.mx

conversión de alimentos y resistencia a enfermedades (Alburqueque & Minuche, 2021). Sin embargo, para garantizar una producción exitosa, es fundamental emplear alimentos que proporcionen niveles adecuados de proteína según el ciclo de vida del organismo (Alburqueque & Minuche, 2021; Loachamin et al., 2020).

Según los datos presentados por la FAO en 2022, la producción mundial de acuicultura alcanzó las 87.5 millones de toneladas de peso vivo en el año 2020. En cuanto a la producción global de pescado, se estima que llegó a unos 179 millones de toneladas durante ese mismo año (FAO, 2022).

La distribución de la producción total muestra que el 63% (112 millones de toneladas) provino de aguas marinas, de las cuales el 70% procedió de la pesca de captura y el 30% de la acuicultura. Por otro lado, el 37% (66 millones de toneladas) provino de aguas continentales, con un 83% proveniente de la acuicultura y un 17% de la pesca de captura (FAO, 2022).

Dentro del ámbito acuícola, se enfrentan diversos desafíos operativos y de costos, especialmente en lo relacionado con la alimentación, que suele representar la fracción más significativa del gasto en el cultivo de organismos acuáticos. Los insumos predominantes en la elaboración de alimentos acuícolas son la harina y el aceite de pescado (Hodar et al., 2020; Morales, 2009) que representan del 50 al 70% del alimento comercial. Sin embargo, estos recursos se encuentran sometidos a una intensa presión debido a su explotación excesiva, lo que supone una amenaza para la sostenibilidad de la pesca de captura (García-Medel, 2022). Como resultado, sus costos aumentan, tanto en su adquisición como en su procesamiento, impulsando a la industria alimentaria a buscar fuentes alternativas de proteína que puedan sustituir a la harina de pescado y a disminuir el costo de producción (Wangkahart et al., 2023).

Una alternativa para disminuir el costo de producción es el uso de proteína vegetal que busca satisfacer las demandas del sector acuícola y ofrecer una alternativa a la sobreexplotación de la harina de pescado (Özdemir & Yıldız, 2019). Ante este escenario, la harina derivada de *Amaranthus hybridus* surge como una alternativa para reemplazar la harina de pescado en la alimentación acuícola. Esto se debe en gran medida a su contenido proteico que puede alcanzar hasta un 22%, este recurso se destaca por su capacidad para mejorar el crecimiento del organismo (Claudett et al., 2022; Párraga-Vergara & Parrales Mendoza, 2020). Los datos obtenidos permitirán determinar el efecto de sustituir parcialmente el alimento comercial por harina de *Amaranthus hybridus* en dietas para cultivo de tilapias (*O. aureus*), en los parámetros productivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Acuicultura del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico del Valle Del Yaqui en las coordenadas 27° 24' 41"N y 110° 7' 53"O. Se emplearon un total de 200 alevines reversados de *Oreochromis spp*, con una masa corporal promedio de  $1,18 \pm 0,01$  g. Estos alevines fueron aclimatados durante 60 min en un tanque con capacidad de 1000

litros. El estudio se desarrolló durante un período de 70 días, abarcando los meses de abril y mayo del año 2023.

Las hojas de *Amaranthus hybridus* fueron recolectadas en el Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui fueron se secadas en el laboratorio de pulsos ultrasónicos de la institución, a una temperatura de 40°C durante 24 horas. Posteriormente, las hojas secas fueron trituradas y tamizadas en un tamiz de 80 puntos por pulgada cuadrada

### ***Análisis químico proximal***

Los parámetros cuantitativos se llevaron a cabo utilizando los procedimientos estandarizados de la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC) (AOAC, 2006).

### ***Contenido de humedad***

El contenido de humedad total del alimento fue determinado utilizando el método AOAC 950.46 (2006). La muestra de alimento se sometió a un proceso de secado en un horno de ventilador a 105°C durante un período de 4-5 horas para eliminar toda la humedad presente en la muestra. Posteriormente, se calculó el contenido total de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

### ***Cenizas totales***

El proceso comenzó con el pesaje y preparación de nueve crisoles, que se lavaron, secaron a 100°C y se marcaron del 1 al 12. Luego, se agregaron 3 g de muestra en polvo a cada crisol y se calcinaron a 550°C durante 6 horas. Después de enfriar en un desecador, se pesaron nuevamente para calcular el porcentaje de cenizas.

$$\text{Cenizas totales (\%)} = \frac{W - Z}{N} \times 100$$

Donde W es el peso del crisol y de la ceniza; Z es el peso del crisol vacío; y N es el peso de la muestra.

### ***Determinación de grasa bruta***

Se empleó el método Soxhlet [AOAC 920.39 (2006)] para analizar la grasa bruta en la muestra en polvo, utilizando éter de petróleo como solvente. Se colocaron muestras de 3,0 g en dedales marcados y

se extrajeron durante 24 horas en un aparato Soxhlet con éter de petróleo. Después de la extracción, se evaporó el éter, se enfrió el matraz y se pesó para determinar la cantidad de grasa extraída.

$$\text{Lípidos (\%)} = \frac{\text{Peso de los lípidos}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

### ***Análisis de Proteína Bruta***

Se analizó el contenido de proteína bruta en las dietas y el alimento comercial utilizando el método Kjeldahl (AOAC 2011.04). Se combinaron 0,15 g de las dietas con 2,5 mL de ácido sulfúrico al 98% y un catalizador en un matraz Kjeldahl de 250 mL. Después de calentar hasta la clarificación, se enfrió y se añadieron 7 mL de agua destilada. La muestra tratada se transfirió a un destilador Micro-Kjeldahl con NaOH al 30% (p/v) para iniciar la destilación. El amoníaco liberado se absorbió en una solución con ácido bórico al 2% y rojo de metilo como indicador, cambiando de color de rojo a verde para indicar la captura completa. La solución se tituló con ácido clorhídrico 0,1 N hasta observar un cambio de color. Se realizó una prueba en blanco junto con la muestra. Finalmente, el porcentaje de nitrógeno se determinó mediante una ecuación específica.

$$\text{Proteína (\%)} = \frac{(\text{N del HCl})(\text{Volumen gastado del HCl})(1.4 \text{ g/mol})(6.5)}{\text{Gramos de muestra}}$$

### ***Diseño de experimentos***

El diseño experimental examinó el crecimiento de los alevines mediante dietas experimentales que consistían en harina de *Amaranthus hybridus* mezclada con alimento comercial en las siguientes proporciones: T1 (75% *Amaranthus hybridus* / 25% alimento comercial), T2 (50% *Amaranthus hybridus* / 50% alimento comercial), y T3 (25% *Amaranthus hybridus* / 75% alimento comercial). Además, se incluyó un tratamiento control que consistió en alimentación exclusiva con alimento comercial. Se instalaron 10 peceras con dimensiones de 40 x 20 x 40 cm (ancho, alto y fondo, respectivamente).

### ***Alimentación y medición de parámetros***

Durante el bioensayo, los peces recibieron alimentación 3 veces al día y se realizaron estudios biométricos periódicos (cada 15 días) hasta completar 90 días, con el fin de ajustar la proporción de alimento según la biomasa. Estos estudios biométricos implicaron la medición del peso y la longitud de cada organismo. Para determinar la biomasa de cada unidad experimental, se pesaron los diez organismos de cada tanque. el tamaño de cada organismo se midió con un ictiómetro, tomando la medida desde la cabeza hasta la aleta caudal (Afram et al., 2021; Cadena-Cadena et al., 2023).

Para mantener el agua en condiciones óptimas, se registraron la temperatura, el pH (utilizando un medidor de pH Ohaus ST10) y el oxígeno (con un oxímetro Ysi) dos veces al día (a las 8:30 a.m. y a la 1:00 p.m.) (Cadena-Cadena et al., 2023). Se realizaron sifonados dos veces por semana para eliminar partículas sedimentables, y se llevó a cabo un cambio de agua del 25% diariamente, con una reposición del 50% cada diez días mediante el lavado de piedras aireadoras (Cadena-Cadena et al., 2023; Claudett et al., 2022). La mortalidad se determinó considerando todos los ejemplares fallecidos durante las tres repeticiones y se representó como la proporción entre el número de animales muertos y el número total de animales (Afram et al., 2021).

$$Mortalidad = \left[ \frac{\text{Numero de animales muertos}}{\text{Numero total de animales}} \right] \times 100$$

El factor de conversión alimenticia (FCR) se determinó según la ecuación (Cadena-Cadena et al., 2023):

$$FCR = \left[ \frac{\text{Total del alimento consumido}}{\text{Peso total del alimento producido}} \right] \times 100$$

El peso total del producto elaborado = peso final del producto – peso inicial. Finalmente, la Eficiencia de Conversión Alimenticia (FCE) se determinó con la siguiente ecuación:

$$FCE = \left[ \frac{1}{FCR} \right] \times 100$$

### ***Análisis estadístico***

Se calcularon las medias junto con las desviaciones estándar para los resultados obtenidos. Antes de llevar a cabo el análisis estadístico, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza de los datos. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y, posteriormente, para determinar las diferencias entre los grupos, se realizó la prueba de Tukey. Se consideraron diferencias significativas cuando el valor de p fue menor a 0,05. Todos los análisis se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS ver 23.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### ***Análisis proximal***

En la acuicultura, la alimentación supone casi la mitad de los costos totales de producción (Magbanua & Ragaza, 2024). Por lo tanto, la nutrición juega un rol crucial en la salud y el bienestar de los

peces, y la composición de la dieta puede influir en varios aspectos fisiológicos, incluyendo el crecimiento, la reproducción, la inmunidad y la susceptibilidad a enfermedades. Los resultados del análisis indican que las dietas T1, T2 y T3 tuvieron un efecto significativo en la composición nutricional en comparación con el grupo de control (C) alimentado con puro alimento comercial. Específicamente, las dietas T1, T2 y T3 mostraron un mayor contenido de proteína y fibra lo que puede ser beneficioso para el crecimiento, desarrollo y mantenimiento de los tejidos corporales así mismo, podría mejorar la salud digestiva y ayudar en el control del peso corporal de los organismos. Sin embargo, estas mismas dietas exhibieron un menor contenido de grasa en comparación con el grupo control, lo que podría contribuir a mantener un peso corporal saludable y reducir el riesgo de enfermedades y aumentar el crecimiento de los organismos. El contenido de cenizas fue similar en todos los grupos, indicando una adecuada provisión de minerales. Además, las dietas T1, T2 y T3 tuvieron un mayor contenido energético, lo que puede ser beneficioso para satisfacer las necesidades energéticas de los animales (Tabla 1).

**Tabla 1.** Promedio de parámetros fisicoquímicos en los tratamientos con la inclusión de la harina de *amaranthus hybridus* (A). La columna C es el tratamiento control, T1, T2 y T3 son los diferentes tratamientos

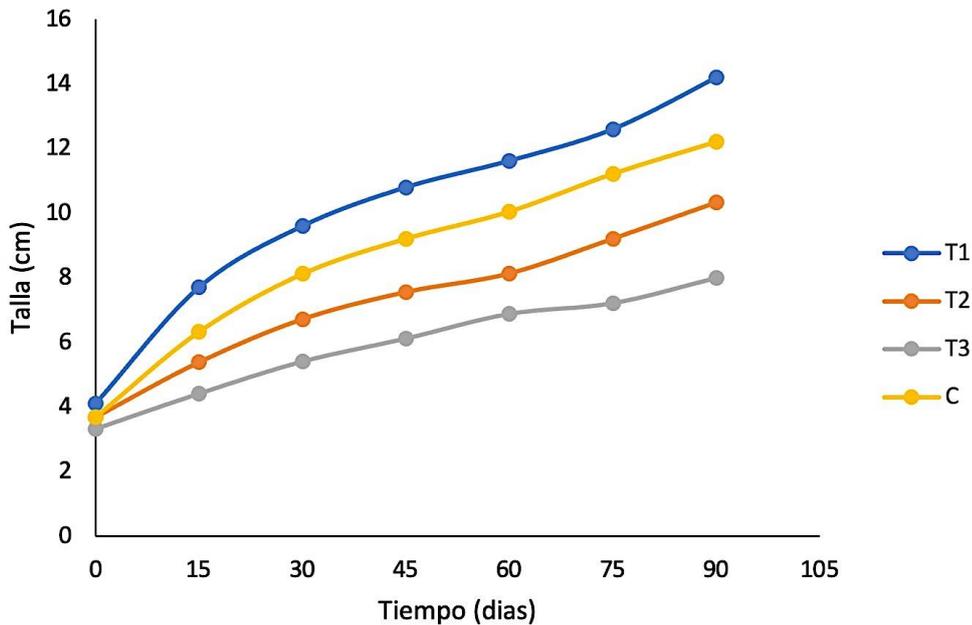
| Parámetros                                  | Tratamientos           |                          |                         |                          |                      |
|---|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
|   | C                      | A                        | (25/75)                 | (50/50)                  | (75/25)              |
| <b>Proteína (%)</b>                         | 35±1.4 <sup>a</sup>    | 22.66±1.21 <sup>b</sup>  | 33.33±2.21 <sup>a</sup> | 31.71± 1.56 <sup>a</sup> | 32±1.77 <sup>a</sup> |
| <b>Grasa (%)</b>                            | 11.75±1.7 <sup>a</sup> | 11.22± 0.97 <sup>a</sup> | 8.15±1.44 <sup>b</sup>  | 7.6±0.33 <sup>b</sup>    | 14±0.82 <sup>b</sup> |
| <b>Humedad (%)</b>                          | 9.47±1.2 <sup>a</sup>  | 5.49±1.54 <sup>b</sup>   | 5.21±0.99 <sup>b</sup>  | 5.43±0.69 <sup>b</sup>   | 7±0.55 <sup>b</sup>  |
| <b>Cenizas (%)</b>                          | 7.76±0.6 <sup>a</sup>  | 3.36±0.23 <sup>b</sup>   | 3.22±0.33 <sup>b</sup>  | 2.87±0.22 <sup>b</sup>   | 4±0.29 <sup>b</sup>  |
| <b>Carbohidratos</b>                        | 36.02±1.1 <sup>a</sup> | 51.71±3.43 <sup>b</sup>  | 50.11±0.22 <sup>b</sup> | 43.25±0.44 <sup>c</sup>  | 39±0.49 <sup>c</sup> |
| <b>Fibra</b>                                | 2.48±1.3 <sup>a</sup>  | 5.56±0.83 <sup>b</sup>   | 5.12±0.23 <sup>b</sup>  | 4.86±0.88 <sup>b</sup>   | 4±0.76 <sup>b</sup>  |
| <b>pH</b>                                   | 7,54 <sup>a</sup>      |                          | 3 <sup>a</sup>          | 3 <sup>a</sup>           | 2 <sup>a</sup>       |
| <b>Temperatura (° C)</b>                    | 29 <sup>a</sup>        |                          | a                       | a                        | a                    |
| <b>Oxígeno Disuelto (mg L<sup>-1</sup>)</b> | 6,55 <sup>a</sup>      |                          | 6 <sup>a</sup>          | 0 <sup>a</sup>           | 6 <sup>a</sup>       |
| <b>Nitrito (mg L<sup>-1</sup>)</b>          | 0,00 <sup>a</sup>      |                          | 0 <sup>a</sup>          | 0 <sup>a</sup>           | 0 <sup>a</sup>       |
| <b>Nitrato (mg L<sup>-1</sup>)</b>          | 0,00 <sup>a</sup>      |                          | 9 <sup>a</sup>          | 8 <sup>a</sup>           | 1 <sup>a</sup>       |
| <b>Amonio (mg L<sup>-1</sup>)</b>           | 1,29 <sup>a</sup>      |                          | 1 <sup>b</sup>          | 7 <sup>b</sup>           | 9 <sup>ab</sup>      |

\*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ).

Resultados similares se han obtenido en otros estudios que investigaron la sustitución parcial de la harina de pescado por fuentes alternativas de proteína. Por ejemplo, Morales (2009) encontró resultados positivos al sustituir parcialmente la harina de pescado por harina de lenteja (*Lens culinaris*) en el crecimiento de tilapia. Además, Cadena-Cadena., et al (2023) también se observaron beneficios al reemplazar parcialmente la harina de pescado por harina de grillo en la dieta de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Estos estudios respaldan la idea de que la diversificación de fuentes proteicas en las dietas animales puede conducir a mejoras significativas en la composición nutricional y el rendimiento de los animales.

### *Peso y talla*

La Figura 1 muestra el crecimiento diferencial entre los cuatro tratamientos evaluados. Destacando el tratamiento uno como el de mejor desempeño, seguido del tratamiento control. Los tratamientos dos y tres exhiben un crecimiento notablemente inferior. El análisis del crecimiento de la tilapia en la fase inicial (0-30 días) revela un rápido crecimiento en todos los tratamientos, sin diferencias significativas entre ellos, lo que sugiere condiciones iniciales y manejo general adecuados. Sin embargo, en la fase intermedia (30-60 días), se observan discrepancias entre los tratamientos. El tratamiento uno muestra un crecimiento continuo y estable, diferenciándose del resto a partir del día 60 aproximadamente. Esta tendencia ascendente lo posiciona como el de mejor desempeño en crecimiento, comparándolo con el tratamiento control, que mantiene un crecimiento moderado. Este último se sitúa por debajo del tratamiento uno pero por encima de los tratamientos dos y tres, que experimentan un crecimiento más lento, mostrando una leve inflexión a partir del día 35. El tratamiento tres exhibe el menor crecimiento de los cuatro, con una tasa casi estancada a partir del día 30.

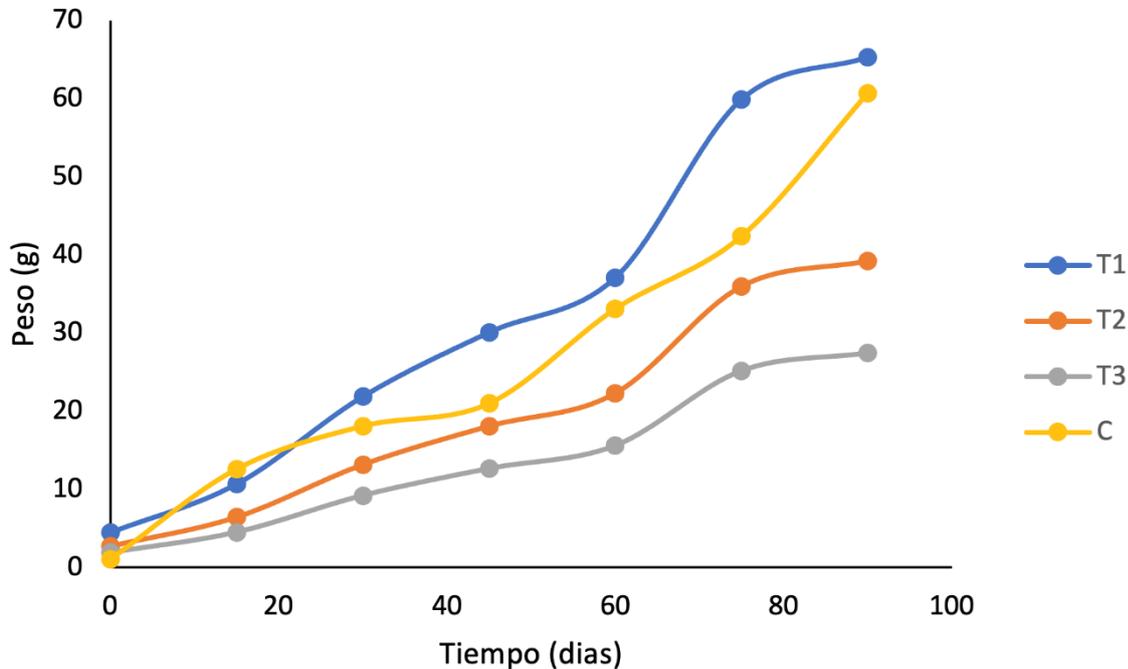


**Figura 1.** Comparación del crecimiento diferencial de tilapia bajo diferentes tratamientos alimenticios.

En la fase final de los tratamientos, se observó que el tratamiento uno y el tratamiento control mantienen un crecimiento constante. Por otro lado, el Tratamiento dos experimenta un ligero aumento en su tasa de crecimiento, aunque no logra alcanzar el nivel de crecimiento del tratamiento control ni del tratamiento uno. Además, durante esta fase, muestra un crecimiento mínimo y termina con un tamaño más pequeño en comparación con los otros tratamientos al final del experimento.

La Figura 2 presenta el peso promedio en función del tiempo para los cuatro tratamientos diferentes, Al comparar los cuatro tratamientos, resulta evidente que el tratamiento 1 destaca como el más efectivo en promover el aumento de peso de los peces. Esto se refleja en su mayor tasa de

crecimiento promedio y en el peso final alcanzado por los peces en este grupo. El tratamiento control también muestra resultados positivos, aunque con una tasa de crecimiento ligeramente menor. Por otro lado, el tratamiento 2 exhibe un crecimiento promedio más modesto, mientras que el tratamiento 3 registra el menor crecimiento de todos.



**Figura 2.** Comparación del peso diferencial de tilapia bajo diferentes tratamientos alimenticios.

El tipo de alimento utilizado está estrechamente relacionado con el aumento de peso y talla de los peces. Sin embargo, estos factores también se encuentran relacionados con los parámetros fisicoquímicos (Tabla 1) (Cabrera-B., 2001; Carpio & Fernández, 2019). La temperatura de crecimiento fue de 29°C, confirmando que se encuentra en el rango óptimo para tilapia. Otro aspecto importante es el nivel de oxígeno disuelto que osciló entre 6,70 y 6,88 mg L<sup>-1</sup>, lo cual se encuentra dentro del rango permitido para el cultivo de tilapia (5,0 a 9,0 mg L<sup>-1</sup>) (Claudett et al., 2022). Además, diversas investigaciones han encontrado que niveles superiores a 4,5 mg L<sup>-1</sup> son propicios para el crecimiento y la supervivencia de los organismos, dado su impacto en el metabolismo y la conversión alimenticia, convirtiéndose en un factor relevante en los cultivos (Claudett et al., 2022; Vargas et al., 2017). Las concentraciones de amonio fluctuaron entre 0,52 y 1,24 mg L<sup>-1</sup>, los nitratos (NO<sub>3</sub>) oscilaron entre 0,33 y 0,67 mg L<sup>-1</sup>, y los nitritos (NO<sub>2</sub>) permanecieron en 0,0 mg L<sup>-1</sup>, lo que se encuentra dentro de los límites aceptables para la especie (Cadena-Cadena et al., 2023; Magbanua & Ragaza, 2024). No obstante, la falta de control sobre estos factores puede afectar la transferencia de oxígeno y por consiguiente el peso y la talla de los organismos (Claudett et al., 2022).

Las dietas para la alimentación acuícola que contienen proteínas vegetales son consideradas inferiores a la harina de pescado (Hardy, 2010), debido a su perfil de aminoácidos insuficiente, menor palatabilidad y la presencia de factores antinutricionales (FNA) que afectan el desempeño general de los peces de cultivo (Gatlin Iii et al., 2007). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que las dietas basadas en proteínas vegetales (El-Sayed, 1999; Wu et al., 2022), son superiores a la harina de pescado en términos de análisis de costo-beneficio. Por ejemplo, la inclusión del 20 % de harina de *L. culinaris* en *C. carpio* aumento la ganancia de peso y talla (Abdulrahman & Abdulla, 2020), del mismo modo, la sustitución completa harina de pescado por la mezcla de harina de soja, harina de girasol, harina de semillas de algodón y harina de linaza no mostró diferencias significativas en el rendimiento del crecimiento y la composición próxima de la canal de la tilapia del Nilo. A pesar de tener una menor digestibilidad proteica aparente, el análisis costo-beneficio demostró que superaba a la harina de pescado en un estudio de 16 semanas en juveniles de tilapia del Nilo (El-Saidy & Gaber, 2002).

La harina de *Amaranthus hybridus* además de ser un sustituto rentable y sostenible de la harina de pescado puede incrementar la salud de los individuos, esto se demuestra con una supervivencia de más del 90%. Algunos estudios mencionan que las proteínas de origen vegetal pueden promover la salud y el crecimiento adecuado de los peces (Magbanua & Ragaza, 2024). La evaluación de la sustitución del 30% de harina de pescado por hojas fermentadas de moringa en un cultivo de tilapia roja aumentó los niveles de proteína plasmática, hematocrito y leucocrito, por consiguiente, mejoró la inmunidad de los peces. Además, se observó un notable estímulo en el índice y la actividad fagocítica (Helmiati & Isnansetyo, 2021). Por otra parte, La velocidad de crecimiento, medida por la tasa de crecimiento absoluto (TCA), varía a lo largo del ciclo de vida de los individuos, aumentando con el tiempo. En este estudio, se registraron valores bajos de TCA (0.31 g para el tratamiento Control y 0.25 g para el tratamiento T1) en comparación con estudios anteriores en los cuales el TCA es mayor, esta diferencia puede estar relacionada con la temperatura ambiental. Si bien, la temperatura promedio fue de 29°C la TCA disminuye a medida que la temperatura disminuye y la temperatura ambiental por las noches puede llegar a disminuir a menos de 20°C (Claudett et al., 2022; Muñoz-Peñuela et al., 2021; van Denderen et al., 2020) La tasa de crecimiento está influenciada por la temperatura, la luz, los constituyentes químicos permanentes del agua como sales, compuestos orgánicos (calidad del agua) y concentración de oxígeno (Blanco-Cachafeiro, 1995).

## CONCLUSIONES

La alimentación en la acuicultura representa una parte significativa de los gastos de producción, por lo que se diseñan diversas dietas con el fin de mejorar la rentabilidad en el cultivo de peces. Estas dietas pueden tener un impacto notable en la composición corporal y la salud de los peces. La inclusión del 75% de harina de *Amaranthus hybridus* en la dieta de alevines de tilapia Nilo (*Oreochromis niloticus*)

puede considerarse como un suplemento alimenticio viable, ya que promueve un mayor crecimiento en peso y tamaño en comparación con el alimento comercial. Todas las dietas muestran una supervivencia superior al 90%. Además, las condiciones del agua se mantienen dentro de los rangos aceptables para el cultivo de tilapia. La harina de *Amaranthus hybridus* puede ser un sustituto rentable, sostenible y beneficioso para la salud y el desarrollo de los peces.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdulrahman, N. M., & Abdulla, Z. S. (2020). Effect of raw lentil seed meal in common carp *Cyprinus carpio* L. diets as an alternative source of fish meal protein. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 19(3), 163-176.
- Afram, F., Agbo, N. W., Adjei-Boateng, D., & Eгна, H. (2021). Effects of feeding strategies on growth performance and economic returns on the production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Fertilized Ponds. *Aquaculture Studies*, 21(2), 63-73.
- Alburqueque, J. E. R., & Minuche, P. R. (2021). Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 125-143.
- AOAC, A. O. O. A. C. (2006). Official methods of analysis (Vol. 222): Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Blanco-Cachafeiro, C. M. (1995). La trucha: cría industrial. 5, 121-125.
- Cabrera-B., T. J. M.-Q. J. R.-C. J. R. (2001). Cultivo del híbrido de tilapia en un ambiente marino, sustituyendo harinas de pescado por soya. *Ciencia Pesquera*, 15.
- Cadena-Cadena, F., Cuevas-Acuña, D. A., Frias, B. C., Hernández, R. C., Nuñez, J. C. G., Martínez, B. A., & Arias-MoscOSO, J. L. (2023). Replacement of fishmeal by common cricket (*Acheta domesticus*) meal in diets for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Carpio, M., & Fernández, Ó. (2019). Análisis de la calidad del agua para el manejo de tilapia (*Oreochromis* sp.) y chame (*Dormitator latifrons*) en el km 27, 5 vía a Daule.
- Claudett, K. L. A., Orben, J. J. J., Cevallos, G. C. T., Noboa, A. R. T., & Riofrío, G. B. P. (2022). Eficiencia de una dieta con base en harina de lenteja (*Lens culinaris*), en el crecimiento de alevines de tilapia. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 4(1), 40-52.
- El-Sayed, A.-F. M. (1999). Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, 179(1-4), 149-168.
- El-Saidy, D. M. S. D., & Gaber, M. M. A. (2002). Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Journal of the world Aquaculture Society*, 33(3), 297-306.

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. In. Roma, FAO: Food and Agriculture Organization.
- García-Medel, D. I. (2022). Seguridad alimentaria: retos y desafíos de la acuicultura en México. *Journal of Behavior and Feeding*, 2(2), 10-19.
- Gatlin Iii, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., & Nelson, R. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38(6), 551-579.
- Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41(5), 770-776.
- Helmiati, S., & Isnansetyo, A. (2021). The replacement of fish meal with fermented Moringa leaves meal and its effect on the immune response of red tilapia (*Oreochromis* sp.).
- Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R., & Joshi, N. H. (2020). Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology India*, 23(1).
- Loachamin, J. P. Q., Bermeo, M. D. U., RodrÁguez, L. T. C., & Cervantes, L. P. (2020). Alimentos alternativos a formular para Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) segun sus necesidades nutritivas y procesos eficientes de residuos de mataderos. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(3), 31-53.
- Magbanua, T. O., & Ragaza, J. A. (2024). Selected dietary plant-based proteins for growth and health response of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture and Fisheries*, 9(1), 3-19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.04.001>
- Morales, S. (2009). Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de Lemna obscura como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Oreochromis* spp.). *Revista científica*, 19(3), 303-310.
- Muñoz-Peñuela, M., García-Ulloa, M., Medina-Godoy, S., & Rodríguez-González, H. (2021). Cull-chickpea meal as a partial substitute for fishmeal in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Int. J. of Aquatic Science*, 12(2), 1791-1796.
- Özdemir, K. Y., & Yıldız, M. (2019). Effects of Dietary Fish Meal Replacement by Red Lentil Meal on Growth and Amino Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 34(2), 194-203.
- Párraga-Vergara, A. L., & Parrales Mendoza, V. Y. (2020). Efecto de la incorporación de harina *Amaranthus Dubius* sobre la conversión alimenticia del camarón de baja salinidad en etapa post larva.
- Van Denderen, D., Gislason, H., Van den Heuvel, J., & Andersen, K. H. (2020). Global analysis of fish growth rates shows weaker responses to temperature than metabolic predictions. *Global Ecology and Biogeography*, 29(12), 2203-2213.

- Vargas, R. V., Martínez, P., & Arevalo, J. J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Ingeniería y Región*(18), 23-32.
- Wangkahart, E., Kersanté, P., Phudkliang, J., Nontasan, S., Pholchamat, S., Sunthamala, P., . . . & Pakdeenarong, N. (2023). Effects of a free amino acid mixture in replacing dietary fishmeal and reducing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production costs. *Aquaculture Reports*, 32, 101739.
- Wu, Z., Yu, X., Guo, J., Fu, Y., Guo, Y., Pan, M., & Mai, K. (2022). Effects of replacing fish meal with corn gluten meal on growth performance, intestinal microbiota, mTOR pathway and immune response of abalone *Haliotis discus hannai*. *Aquaculture Reports*, 23, 101007.

## Índice Remissivo

### A

agar, 194, 203  
agaváceas, 191, 192, 203  
Análisis proximal, 91

### B

Bahía de Lobos, 8, 9, 10, 13  
biofertilización, 6, 14

### C

cactáceas, 191, 192, 193, 194, 201, 203  
*Convolvulus arvensis*, 73, 74  
Cromatografía de gases, 168

### E

Extracción por arrastre de vapor, 28, 29  
Extracción por maceración, 29, 30  
extractos de plantas, 139, 146, 148

### F

feromonas, 139, 142  
fitoestabilización, 197, 203  
Formulación, 206

### I

in vitro, 139, 140, 141

### M

metales pesados, 191, 192, 193, 194, 195, 196,  
197, 198, 199, 200, 201, 202, 203  
México, 208

### P

*Parkinsonia aculeata*, 6, 8  
Pleurotus, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56  
Proteína cruda, 92  
Pulsos ultrasónicos, 32

### Q

Quitinasas, 63

### S

semi-desierto, 9  
semioquímicos, 139, 149

### T

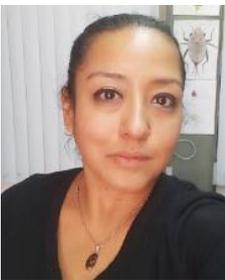
transgénicos, 139



**Dr. Leandris Argente-Martínez.** Profesor Investigador Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular del estrés.



**Dra. Ofelda Peñuelas-Rubio.** Profesora Investigadora Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesora Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Miembro del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular de sistemas terrestres y costeros.



**Dra. Lucila Perales-Aguilar.** Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México, miembro del S.N.I. candidata, con experiencia en biotecnología de plantas del semidesierto y remediación de suelos contaminados con metales pesados. Profesor con perfil deseable de la Secretaría de Educación Pública. Línea de investigación sobre Producción de Cactáceas y Agavaceas *in vitro* y remediación de suelos del semidesierto



**Dr. Ugur Azizoglu** es profesor asociado en el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad de Kayseri y actualmente continúa su investigación en el Centro de Células Madre y Genoma de la Universidad Erciyes (GENKÖK), Türkiye. Se graduó de la Facultad de Ciencias y del Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en julio de 2007 y obtuvo una Maestría en Ciencias en Biología en junio de 2009. Completó su doctorado en el Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en 2014. El enfoque de sus estudios es la biotecnología microbiana, el control biológico, las bacterias genéticamente modificadas y las

bacterias promotoras del crecimiento de las plantas. El Dr. Azizoglu ha participado en numerosas conferencias y talleres y se ha desempeñado como revisor de revistas internacionales.



**E**l presente compendio científico “Biotecnología agropecuaria aplicada” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biotecnología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-CONAHCYT) de los Estados Unidos Mexicanos.



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)