

VOL VII

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026

VOL VII

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, **conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.**

| | |
|--------------------------|--|
| Editora Chefe | Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira |
| Editora Executiva | M. ^a Viviane Carvalho Mocellin |
| Direção de Arte | M. ^a Bruna Bejarano |
| Diagramação | Elisangela Abreu |
| Organizador | Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers |
| Imagem da Capa | Bruna Bejarano, Arquivo Pessoal |
| Bibliotecário | Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422 |

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos



Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Dina Maria Martins Ferreira, *Universidade Estadual do Ceará*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.ª Dr.ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro*, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo (USP)*, Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – *Higher School of Economics*, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia
Prof.ª Dr.ª Lara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UNIFIMES - Centro Universitário de Mineiros*, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. José Cortez Godinez, *Universidad Autónoma de Baja California*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, *Instituto Politécnico Nacional*, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México



Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leiníg Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª M^ªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E89 Estudos em ciências agrárias e ambientais VII [livro eletrônico] /
Organizador Eduardo Eugênio Spers. – 1. ed. – Curitiba, PR:
Editora Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-08-6

DOI 10.37572/EdArt_260626086

1. Ciências agrárias. 2. Ciências ambientais. 3.
Sustentabilidade. 4. Agricultura. I. Spers, Eduardo Eugênio.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

As Ciências Agrárias e Ambientais ocupam um papel estratégico na compreensão e no enfrentamento dos desafios contemporâneos relacionados à produção de alimentos, à conservação dos recursos naturais, à sustentabilidade dos sistemas produtivos e à promoção da saúde e do bem-estar das populações. Em um contexto marcado pelas mudanças climáticas, pela crescente demanda por alimentos, pela necessidade de uso racional dos recursos naturais e pela incorporação de novas tecnologias aos processos produtivos, torna-se cada vez mais importante fortalecer a produção e a difusão do conhecimento científico voltado para o desenvolvimento sustentável.

É nesse cenário que se insere o volume **VII de Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais**, reunindo contribuições de pesquisadores de diferentes instituições e países que abordam, sob múltiplas perspectivas, temas relevantes para a agricultura, o meio ambiente, a biotecnologia e a produção animal. A diversidade dos estudos aqui apresentados evidencia a natureza interdisciplinar das Ciências Agrárias e Ambientais e sua capacidade de integrar conhecimentos biológicos, tecnológicos, sociais e produtivos em busca de soluções para desafios complexos.

A obra inicia-se com reflexões relacionadas aos recursos naturais, à sustentabilidade e à saúde ambiental. Os trabalhos deste primeiro eixo destacam a importância da agroecologia como alternativa para reduzir os impactos dos pesticidas sobre a saúde humana e o meio ambiente, ao mesmo tempo em que analisam percepções e atitudes ambientais de estudantes, ressaltando o papel da educação na construção de uma consciência ecológica capaz de contribuir para sociedades mais sustentáveis.

Em seguida, o volume direciona seu olhar para a produção vegetal, a inovação e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Os capítulos desta seção abordam estratégias voltadas ao manejo sustentável de cultivos, incluindo o uso de biofertilizantes, a aplicação de insumos orgânicos e inorgânicos, aspectos fisiológicos e bioquímicos de espécies agrícolas e florestais, bem como os desafios e oportunidades associados à Agricultura 4.0. Em conjunto, esses estudos evidenciam a busca por sistemas produtivos mais eficientes, resilientes e alinhados às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

O terceiro eixo reúne pesquisas relacionadas à genética, à biotecnologia e ao melhoramento de cultivos, com destaque para estudos envolvendo híbridos de milho azul. Os trabalhos apresentados demonstram a relevância da caracterização físico-química, molecular e genômica para o desenvolvimento de materiais genéticos de interesse agrônomo, contribuindo para avanços no melhoramento vegetal e para a ampliação do conhecimento sobre recursos genéticos de elevado potencial produtivo e nutricional.

Por fim, a obra contempla estudos voltados à produção animal, à nutrição e aos sistemas aquícolas. Os capítulos discutem alternativas sustentáveis para a alimentação e o manejo de animais de produção, bem como estratégias inovadoras aplicadas à aquicultura, envolvendo o uso de probióticos, diferentes fontes de carbono e sistemas biofloc. Essas pesquisas reforçam a importância de práticas produtivas capazes de promover eficiência, saúde animal e sustentabilidade econômica e ambiental.

Ao reunir investigações que transitam entre a sustentabilidade ambiental, a produção agrícola, a inovação tecnológica, a biotecnologia e a produção animal, este volume reafirma o compromisso da comunidade científica com a geração de conhecimento aplicado e socialmente relevante. Mais do que apresentar resultados de pesquisa, os trabalhos aqui reunidos contribuem para o fortalecimento do diálogo entre ciência, tecnologia e sociedade, oferecendo subsídios para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis, eficientes e comprometidos com o futuro.

Esperamos que esta obra possa servir de fonte de consulta, reflexão e inspiração para pesquisadores, estudantes, profissionais e demais interessados nas Ciências Agrárias e Ambientais, estimulando novas investigações e contribuindo para o avanço do conhecimento científico na área.

Eduardo Eugênio Spers

Esalq/USP

SUMÁRIO

RECURSOS NATURAIS, SUSTENTABILIDADE E SAÚDE AMBIENTAL

CAPÍTULO 1..... 1

LA AGROECOLOGÍA COMO SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON EL USO DE PESTICIDAS

María José de Dios Duarte

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260861

CAPÍTULO 2.....25

ACTITUDES AMBIENTALES EN ESTUDIANTES DEL NIVEL MEDIO SUPERIOR AL NOROESTE DE TAMAULIPAS

Catalina Vargas Ramos

Graciela Hernández Moreno

Ma. De la Cruz Galindo Ceja

Alan León González Almaguer

Jorge Alejandro Gallegos de la Cruz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260862

PRODUÇÃO VEGETAL, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

CAPÍTULO 3..... 34

BIOFERTILIZANTES COMO SUSTITUTO PARCIAL EN LA FERTILIZACION CONVENCIONAL DEL CULTIVO DE ARROZ EN EL CARIBE COLOMBIANO

Eliecer Miguel Cabrales Herrera

Laura Sofia Osorio Barcenas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260863

CAPÍTULO 4..... 50

APLICACIONES DE ENMIENDAS ORGÁNICAS E INORGÁNICAS EN GRANADO (*Punica granatum* L.) 'WONDERFUL': CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJA

Rosa María Yáñez Muñoz

Juan Manuel Soto Parra

Esteban Sánchez Chávez

Ana Lilia Santana Díaz

Laura Raquel Orozco Meléndez

Ramona Pérez Leal
Nubia Guadalupe Torres Beltrán
Julio César Oviedo Mireles

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260864

CAPÍTULO 5..... 69

MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BEHAVIOR OF THE OLIVE TREE IN SEMI-ARID AREAS OF ALGERIA

Dhia Gharabi
Magheni Benchohra
Ahmed Bellhabib
Abdelkarim Hassani

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260865

CAPÍTULO 6.....87

EFFECT OF GIBBERELIC ACID AND SILVER NITRATE ON THE GERMINATION OF *PINUS PSEUDOSTROBUS* LINDL.

Diana Gisselle Calderón Mejías
Lourdes Georgina Iglesias Andreu
Laura Yasmin Flores López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260866

CAPÍTULO 7.....97

DESARROLLO DE HABILIDADES DIGITALES EN LA AGRICULTURA 4.0: OPORTUNIDADES PARA AMÉRICA LATINA

Lourdes Mateos-Espejel

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260867

GENÉTICA, BIOTECNOLOGIA E MELHORAMENTO DE CULTIVOS

CAPÍTULO 8..... 113

CARACTERES FISICOQUÍMICOS Y ANTOCIANINAS EN SEMILLAS DE LOS GENOTIPOS PARENTALES DEL HÍBRIDO DE MAÍZ AZUL DRÁCULA H 13

José Luis Arellano-Vázquez
Germán Fernando Gutiérrez-Hernández
Martín Filiberto García-Mendoza
Estela Flores-Gómez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260868

CAPÍTULO 9.....122

IDENTIFICACIÓN FÍSICA Y MOLECULAR DE LAS LÍNEAS Y CRUZAS QUE CONFORMAN AL HÍBRIDO DE MAÍZ AZUL VAMPIRO H10

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260869

CAPÍTULO 10.....129

GENÓMICA Y POTENCIAL FISIOLÓGICO DE LAS SEMILLAS DE LOS PARENTALES DEL HÍBRIDO DE MAÍZ AZUL VAMPIRO H10

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608610

PRODUÇÃO ANIMAL, NUTRIÇÃO E SISTEMAS AQUÍCOLAS

CAPÍTULO 11.....136

ACEITES ESENCIALES Y ÁCIDOS ORGÁNICOS: ALTERNATIVA A LOS ANTIBIÓTICOS COMO PROMOTORES DE CRECIMIENTO EN LOS CERDOS

Elmer Bonilla-Valverde

Juan Manuel Romo-Valdez

Jesús José Portillo-Loera

Ana Mireya Romo-Valdez

Laura Francisca Espinoza-Aguirre

Javier Alonso Romo-Rubio

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608611

CAPÍTULO 12.....162

COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD Y POTENCIAL REPRODUCTIVO DE *Daphnia pulicaria* EN DIFERENTES FUENTES DE CARBONO CON LA INCORPORACIÓN DE LA BACTERIA *Burkholderia cepacia* COMO PROBIÓTICO

Jorge Castro Mejía

Germán Castro Mejía

María del Carmen Monroy Dosta
José Antonio Mata Sotres
Andrés Elías Castro Castellón
Arnulfo Misael Martínez Meingüer
José Alberto Ramírez Torrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608612

CAPÍTULO 13..... 175

DENSIDAD POBLACIONAL Y POTENCIAL PRODUCTIVO DE *Daphnia magna* UTILIZANDO CINCO ALIMENTOS INERTES (SALVADO DE TRIGO, LEVADURA, FRIJOL, ARROZ Y RÁBANO) Y DOS MICROALGAS (*Chlorella vulgaris* y *Navicula spp*), EN TINAS DE 120L (20°±2°C) Y 180 L (23°±2°C)

Jorge Castro Mejía
Germán Castro Mejía
José Antonio Mata Sotres
María del Carmen Monroy Dosta
Andrés Elías Castro Castellón
Arnulfo Misael Martínez Meingüer
José Alberto Ramírez Torrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608613

CAPÍTULO 14..... 190

COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus* EN UN BIOFLOC INCORPORANDO LA BACTERIA *Burkholderia cepacia* Y CUATRO FUENTES DE CARBONO

Germán Castro Mejía
Jorge Castro Mejía
Andrés Elías Castro Castellón
Arnulfo Misael Martínez Meingüer
María del Carmen Monroy Dosta
José Antonio Mata Sotres
José Alberto Ramírez Torrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608614

SOBRE O ORGANIZADOR.....205

ÍNDICE REMISSIVO206

CAPÍTULO 14

COMPARACIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus* EN UN BIOFLOC INCORPORANDO LA BACTERIA *Burkholderia cepacia* Y CUATRO FUENTES DE CARBONO

Data de submissão: 01/06/2026

Data de aceite: 16/06/2026

Germán Castro Mejía

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0003-3007-1005>

Jorge Castro Mejía

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0002-5632-2581>

Andrés Elías Castro Castellón

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0001-7696-2597>

Arnulfo Misael Martínez Meingüer

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0002-6255-4901>

María del Carmen Monroy Dosta

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0002-1856-0511>

José Antonio Mata Sotres

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0001-5817-3025>

José Alberto Ramírez Torrez

División de Ciencias Biológicas y de la Salud¹
Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Xochimilco
Ciudad de México, CDMX, México
<https://orcid.org/0000-0002-3321-6604>

RESUMEN: El presente estudio evaluó el crecimiento en talla y peso de *Oreochromis niloticus* cultivada en un sistema BFT inoculado con la bacteria *Burkholderia cepacia* y cuatro fuentes de carbono vegetal: harina de mezquite, harina de hojas de almendro, café y moringa. El experimento tuvo una duración de 120 días. Se sembraron 20 organismos por tratamiento con peso inicial promedio de 9.31 ± 1.12 g y longitud total de 6.12 ± 0.66 cm. La relación carbono:nitrógeno se mantuvo en 15:1, y el alimento balanceado se suministró

¹Depto. El Hombre y su Ambiente, Laboratorio de Producción de Alimento Vivo y Biofloc. Cal. del Hueso No.1100. Alcaldía Coyoacán. CP. 04960. Ciudad de México, México.

al 6% de la biomasa total. Cada 15 días se registraron medidas biométricas (longitud, ancho, peso) y parámetros químicos del agua (amonio, nitritos, nitratos y fosfatos). Se determinaron la ganancia de peso y talla, así como sus TCA y TIC, su KM, FCA y ECA. Los resultados mostraron que la moringa promovió la mayor longitud final (21.71 ± 0.63 cm) y la mayor ganancia en longitud (15.61 cm), mientras que el mezquite destacó en ancho final (9.99 ± 0.10 cm). El café produjo el mayor peso final (358.61 ± 3.14 g) y la tasa de crecimiento absoluto en peso más alta (2.893 g día⁻¹). Mientras que el café presentó los menores incrementos diarios en longitud y ancho. La supervivencia fue superior al 90% en todos los tratamientos. El factor de conversión alimenticia osciló entre 0.182 y 0.183, sin diferencias significativas entre tratamientos. El factor de condición mostró una tendencia positiva en todos los casos, indicando una adecuada relación longitud-peso. En cuanto a la calidad del agua, el tratamiento con almendro mantuvo los niveles más bajos de amonio y nitratos dentro de los rangos óptimos. La selección de la fuente de carbono puede orientarse según el objetivo de producción.

PALABRAS CLAVE: *Oreochromis niloticus*; *Burkholderia cepacia*; Biofloc.

GROWTH COMPARISON OF OREOCHROMIS NILOTICUS IN A BIOFLOC SYSTEM INCORPORATING BURKHOLDERIA CEPACIA AND FOUR CARBON SOURCES

ABSTRACT: This study evaluated the growth in length and weight of *Oreochromis niloticus* cultured in a BFT system inoculated with the bacterium *Burkholderia cepacia* and four plant-based carbon sources: mesquite flour, almond leaf flour, coffee, and moringa. The experiment lasted 120 days. Twenty organisms were stocked per treatment, with an average initial weight of 9.31 ± 1.12 g and a total length of 6.12 ± 0.66 cm. The carbon:nitrogen ratio was maintained at 15:1, and balanced feed was supplied at 6% of the total biomass. Every 15 days, biometric measurements (length, width, and weight) and water chemical parameters (ammonium, nitrites, nitrates, and phosphates) were recorded. Weight and length gain were determined, as well as their absolute growth rate and relative growth rate, condition factor, feed conversion ratio, and feed efficiency. The results showed that moringa promoted the greatest final length (21.71 ± 0.63 cm) and the greatest length gain (15.61 cm), while mesquite stood out for final width (9.99 ± 0.10 cm). Coffee produced the highest final weight (358.61 ± 3.14 g) and the highest absolute growth rate in weight (2.893 g day⁻¹). However, coffee showed the lowest daily increases in length and width. Survival was above 90% in all treatments. The feed conversion ratio ranged from 0.182 to 0.183, with no significant differences among treatments. The condition factor showed a positive trend in all cases, indicating an adequate length-weight relationship. Regarding water quality, the almond leaf treatment maintained the lowest ammonium and nitrate levels within optimal ranges. The selection of the carbon source may be guided by the production objective.

KEYWORDS: *Oreochromis niloticus*; *Burkholderia cepacia*; Biofloc.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema Biofloc (BFT) mantiene las condiciones y la calidad de agua con respecto a la fijación y control del nitrógeno inorgánico tóxico, llamada amoníaco (NH_3) y el nitrito (NO_2^-); por otro lado, el BFT genera proteína microbiana que puede ser aprovechada para

la alimentación de las especies acuáticas en cultivo y así reducir las tasas de conversión alimenticia [Azim et al. 2008, Kubitzka 2011, Craig et al. 2012, Monroy et al. 2013, Castro et al. 2018, Hernández et al. 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior el uso y cultivo de los flóculos microbianos a partir de una alta relación de C:N en el agua, ha sido empleado para acuicultura como un sistema alternativo super-intensivo de producción, el nitrógeno proviene del alimento no consumido y de la excreción propia de la especie de cultivo y el carbono de la adición de una fuente externa de carbohidratos, con poco o nulo recambio de agua y una alta oxigenación (Avnimelech 2012, Emerenciano et al. 2012, Emerenciano et al. 2013, Craig et al. 2012, Kubitzka 2011).

Las bacterias se alimentan con sustrato orgánico que contiene principalmente carbono y nulo o poco nitrógeno, este último lo toman del agua con el fin de producir la proteína necesaria para el crecimiento y la multiplicación celular (Avnimelech 2012a, Collazos y Arias 2015); las bacterias y otros microorganismos usan carbohidratos (azúcar, almidón y celulosa) como alimento, para la generación de energía y crecimiento. En consecuencia, para que las comunidades bacterianas autótrofas y/o heterótrofas prosperen debe haber disponibilidad del carbono inorgánico y orgánico, sin embargo, para el caso de las bacterias heterótrofas, Ebeling et al. (2006), sugieren que no todo el carbono orgánico en la alimentación es fácilmente disponible para las bacterias, por lo que se hace necesario el probar diferentes fuentes vegetales de carbono para observar el crecimiento y desarrollo de las comunidades del Biofloc. En el laboratorio de Alimento Vivo de la Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco se han probado varias fuentes de carbono de origen vegetal como moringa (Castro-Castellón et al. 2020a, Castro et al. 2020, Castro et al. 2023 a, b, c, d), harina de zanahoria y de betabel (Castro-Castellón et al. 2023a), desechos de café, harina de macroalga, harina de Yuca (Castro-Castellón et al. 2020b).

Este estudio se pretende evaluar el desarrollo del sistema Biofloc utilizando otras fuentes de carbono vegetal como es la harina mezquite y la harina de las hojas de almendro, además de utilizar el café y la moringa como harina, para determinar el crecimiento en talla y peso de *Oreochromis niloticus*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. ORGANISMOS DE PRUEBA

Se utilizaron organismos tilapia de la especie *Oreochromis niloticus* con un promedio de longitud total de 6.12 ± 0.66 cm, un ancho de 1.65 ± 0.23 cm y un peso de 9.31 ± 1.12 g.

2.2. PREPARACIÓN DE *BURKHOLDERIA CEPACIA*

Del agua del estanque cultivo al exterior, se tomaron 1 L de agua el cual fue tamizado por una luz de malla de 5.0 μm . Se tomaron 10 muestras que se sembraron en Cajas de Petri con un medio de cultivo Infusión de Cerebro/Corazón (TSA) marca BDBioxon® para hacer crecer a las diferentes cepas bacterianas. Una vez obtenido su cultivo, se seleccionó la bacteria más abundante y se le realizó una prueba API para determinar el género y la especie. Seleccionada la cepa bacteriana, se colocaron 200 mL en 1 L de Caldo de Soya Trypticaseína marca BDBioxon® para su proliferación y se agregaron 300 mL por tanque experimental de 160 L, para posteriormente, agregar la fuente de carbono (0.5 g cada tercer día).

2.3. FUENTES DE CARBONO EMPLEADAS

Se utilizaron cuatro fuentes de carbono: a) Mezquite, b) Café, c) Moringa, y d) Almendro. Todos ellos deshidratados a 40°C y pulverizados. Fueron colocados en una proporción para mantener una relación carbono/nitrógeno 1:15, acorde a la fórmula de Emerenciano *et al.*, (2011). La concentración utilizada fue del 0.1% del peso total de la población introducida.

2.4. ELABORACIÓN DE LA DIETA SUMINISTRADO

La dieta fue elaborada en el propio laboratorio en forma de pellets deshidratados. Para ello, se utilizaron 7 g de harina de zanahoria, 7 g de harina de betabel, una lata de atún de 140 g, 56 g de harina de trigo, dos cápsulas de un multivitamínico rico en vitamina E. y 3.5 g de grenetina. La grenetina fue hidratada previamente con 50 mL de agua, para posteriormente activarla con calentamiento en un microondas durante un minuto, en tiempo de 3 a 4 segundos hasta culminar el tiempo. Todo se mezcló en una licuadora y la masa resultante se hizo pasar por un molino para obtener los pellets de 2 a 3 mm de ancho. Los cuales se colocaron en un deshidratador a 40°C durante 24 horas para extraer el máximo de humedad y así poder conservarlos en un lugar fresco.

El alimento fue suministrado a las tilapias en una proporción del 6% del peso total de la población introducida en cada uno de los estanques durante todo el experimento. Cada 15 días se obtuvo el dato del peso para hacer los cambios en la cantidad de alimento, no en la proporción.

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron tinas de 250 L de capacidad, con 200 L de agua, a la cual se le instaló un sistema de aireación. La temperatura se mantuvo controlada en $23\pm 2^{\circ}\text{C}$, con un sistema automático de luz 12:12 horas. Previo a la introducción de las tilapias se le agregaron 200 mL del cultivo de bacteria *Burkholderia cepacia* con una primera dosis de fuente de carbono de 0.5 g, para posteriormente colocar la que corresponde acorde a la biomasa total introducida de organismos.

Se colocaron 20 organismos por cada tratamiento experimental y cada 15 días fueron tomadas las medidas biométricas de longitud total (cm), ancho (cm) y peso (g). Así mismo, se tomaron los parámetros químicos del sistema de cultivo: Amonio (NH_4), Nitratos (NO_3), Nitritos (NO_2) y Fosfatos (P_2O_4). El experimento tuvo una duración de 120 días.

2.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Todos los valores biométricos de los organismos y parámetros químicos del agua de cultivo se introdujeron a una base de datos en Excel 2019 para obtener su estadística descriptiva y las curvas de crecimiento de la longitud total, ancho, y peso con sus respectivas fórmulas.

Se obtuvo la ganancia en longitud total, ancho y peso de los organismos por tratamiento utilizando la fórmula:

$$\text{Ganancia} = \text{Valor final} - \text{Valor inicial}$$

Se obtuvo la tasa de crecimiento absoluto de la longitud total, ancho, y peso de los organismos utilizando la fórmula:

$$\text{TCA} = \frac{\text{Valor final} - \text{Valor inicial}}{\text{Tiempo considerado}}$$

Se obtuvo la tasa de crecimiento instantáneo de la longitud total, ancho, y peso de los organismos utilizando la fórmula:

$$\text{TCA} = \frac{\text{LN Valor final} - \text{LN Valor inicial}}{\text{Tiempo considerado}} \times 100$$

Donde LN = Logaritmo natural

El Factor de condición (KM) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$KM = \text{Longitud} * \text{Peso} * \text{CCV}$$

Donde:

CCV = Coeficiente de correlación de la variable longitud/peso

El factor de conversión alimenticia (FCA) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{\text{Biomasa final obtenida por los organismos}}{\text{Cantidad total de alimento suministrado}}$$

La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$ECA = \frac{1}{FCA} \times 100$$

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La longitud total, el ancho y el peso de los organismos fueron colocados en un programa estadístico SYSTAT® 2013 para realizar un análisis de varianza de una sola vía, para determinar diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). Dando un resultado positivo a ello, se introdujo al proceso de comparación de medias múltiples para determinar entre que tratamientos existían las diferencias significativas ($P < 0.05$).

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los valores promedio de las principales medidas biométricas.

Tabla 1. Valores promedio de las variables biométricas principales y alimenticias de los organismos en los cuatro tratamientos experimentales.

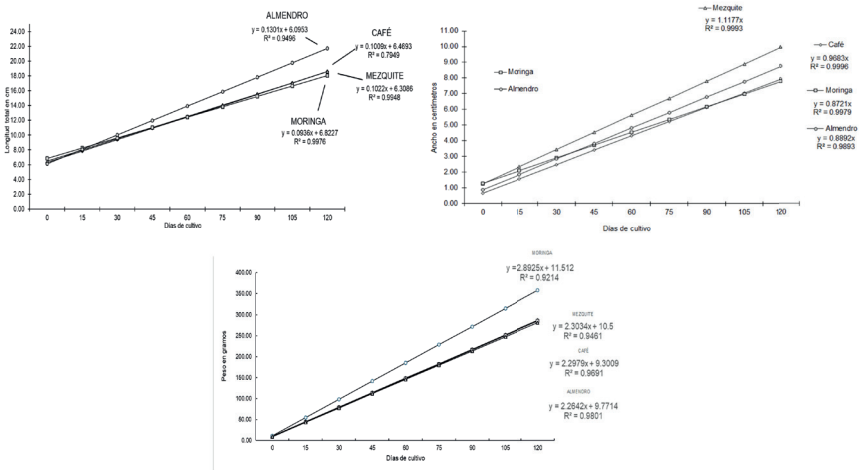
| Variable biométrica y alimenticia | Mezquite | Almendra | Café | Moringa |
|--|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| Long inicial | 6.31±0.29 | 6.47±0.34 | 6.82±0.57 | 6.10±0.34 |
| Longitud final | 18.57±0.51 | 18.58±0.45 | 18.05±0.59 | 21.71±0.63 |
| Ancho inicial | 1.25±0.07 | 0.68±0.06 | 1.29±0.12 | 0.88±0.09 |
| Ancho final | 9.99±0.10 | 7.95±0.15 | 7.80±0.14 | 8.76±0.16 |
| Peso inicial | 10.50±1.06 | 9.30±0.96 | 11.51±2.02 | 9.77±1.55 |
| Peso final | 286.91±3.20 | 285.05±3.18 | 358.61±3.14 | 281.48±4.61 |

| Variable biométrica y alimenticia | Mezquite | Almendra | Café | Moringa |
|--|-----------------|-----------------|-------------|----------------|
| Ganancia longitud (cm) | 12.26 | 12.11 | 11.23 | 15.61 |
| Ganancia ancho (cm) | 8.74 | 7.27 | 6.52 | 7.88 |
| Ganancia peso (g) | 276.41 | 275.75 | 347.10 | 271.70 |
| Supervivencia (%) | 91 | 92 | 90 | 93 |
| TCA longitud (cm día ⁻¹) | 0.102 | 0.101 | 0.094 | 0.130 |
| TCA ancho (cm día ⁻¹) | 0.073 | 0.061 | 0.054 | 0.066 |
| TCA peso (g día ⁻¹) | 2.303 | 2.298 | 2.893 | 2.264 |
| TIC longitud (% incremento día ⁻¹) | 0.900 | 0.879 | 0.811 | 1.058 |
| TIC ancho (% incremento día ⁻¹) | 1.729 | 2.055 | 1.501 | 1.918 |
| TIC peso (% incremento día ⁻¹) | 2.303 | 2.298 | 2.893 | 2.264 |
| Eficiencia de conversión alimenticia (ECA) (%) | 545.75 | 548.42 | 548.78 | 547.01 |
| Factor de conversión alimenticia (FCA) | 0.183 | 0.182 | 0.182 | 0.183 |

En cuanto a la longitud final obtenida por los organismos en los cuatro tratamientos se observa que el tratamiento de Moringa presenta el valor más alto con 21.71 ± 0.63 cm, más de tres centímetros que los otros organismos que estuvieron en el intervalo de 18.05 ± 0.59 hasta 18.57 ± 0.51 cm. Obteniendo un valor de significancia ($P < 0.05$) con respecto a los organismos en Moringa. Sin embargo, en lo que respecta a la variable ancho son los organismos del tratamiento de Mezquite los que presentan el valor más alto con 9.99 ± 0.10 cm, mientras que los tratamientos de Almendra y Café presentaron un intervalo entre los 7.80 ± 0.10 hasta 7.95 ± 0.15 cm no encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los mismos. Mientras que los tratamientos Mezquite y Moringa presentan diferencias significativas ($P < 0.05$) entre ellos y los demás tratamientos. En cuanto a la variable de peso de los organismos, el valor más alto se obtuvo en el tratamiento de Café con 358.61 ± 3.14 g, siendo este valor significativamente diferente ($P < 0.05$) con los demás tratamientos. Los otros tres tratamientos se encontraron en un intervalo de 281.48 ± 4.61 hasta 286.91 ± 3.20 g, sin presentar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre ellos.

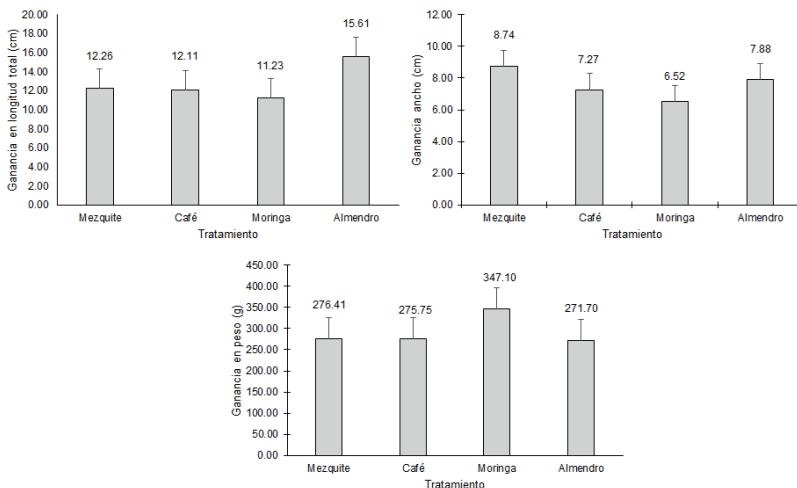
Sus curvas de crecimiento se presentan en la Fig.1 con sus respectivas fórmulas.

Fig.1.- Curvas de crecimiento de la longitud, ancho y peso de los organismos cultivados en los cuatro tratamientos experimentales.



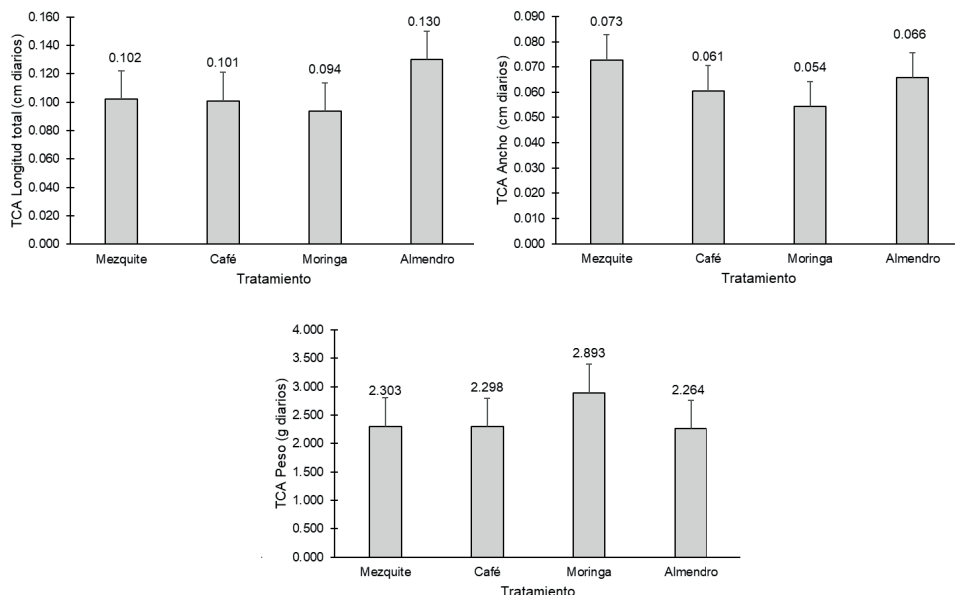
En la Fig.2 se muestran los valores promedio de la ganancia de longitud total, ancho y peso de los organismos en los tratamientos experimentales. Se puede observar que el tratamiento de Almendro obtuvo la mayor ganancia con 15.61 cm siendo significativamente diferente ($P < 0.05$) con los otros tres tratamientos cuya ganancia fluctuó entre 11.23 y 12.26 cm los cuales no presenta una diferencia significativa ($P > 0.05$). En cambio, en cuanto a la ganancia del ancho el valor más alto se presentó en el tratamiento de Mezquite con 8.74 cm y el valor más bajo en el tratamiento de Moringa con 6.52 cm. Mezquite presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) con los demás tratamientos, no así los otros tratamientos entre sí.

Fig.2.- Valores promedio de la ganancia en longitud total, ancho y peso de los organismos en cultivo en los diferentes tratamientos experimentales.



En la Fig. 3 se muestran los valores promedio de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) de la longitud total, ancho y peso de los organismos en los tratamientos. El valor más alto de TCA en longitud se observó en el tratamiento de Moringa con $0.130 \text{ cm día}^{-1}$, siendo el valor más bajo en el tratamiento con Café con $0.094 \text{ cm día}^{-1}$. Los tratamientos de Mezquite y Almendro no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$), no así los tratamientos de Café y Moringa con respecto a los demás ($P < 0.05$). En cuanto a la variable ancho la TCA más alta se presentó en el tratamiento de Mezquite (0.073 cm) y la menor en el tratamiento con Café (0.054 cm). Los tratamientos de Almendro y Moringa no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), a diferencia de los tratamientos Mezquite y Café que no lo presentan ($P > 0.05$). La TCA del peso es muy semejante entre todos los tratamientos sin encontrar diferencias significativas ($P > 0.05$) a diferencia del tratamiento Café que tiene el valor más alto con 2.893 g día^{-1} , el cual si presenta diferencias significativas ($P < 0.05$) con los demás.

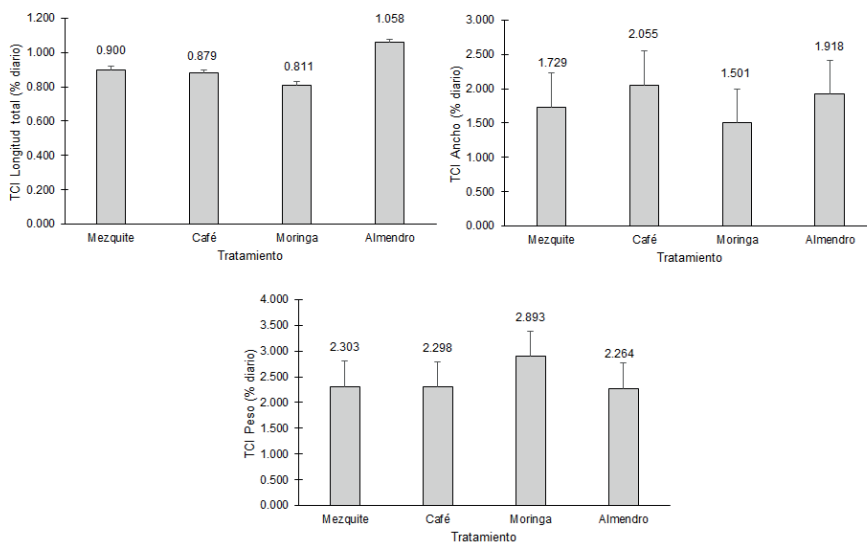
Fig.3.- Valores promedio de la tasa de crecimiento absoluto de la longitud total, ancho y peso de los organismos en cultivo en los diferentes tratamientos experimentales.



En la Fig. 4 se presentan los valores promedio de incremento diario (%) de la longitud total, ancho y peso de la TIC de los organismos. El mayor incremento se observa en los organismos en el tratamiento de Moringa con $1.058\% \text{ día}^{-1}$, mientras que el valor más bajo está en el tratamiento de Café con $0.811\% \text{ día}^{-1}$. Ambos tratamientos presentan diferencias significativas con los otros tratamientos ($P < 0.05$). Los otros dos tratamientos

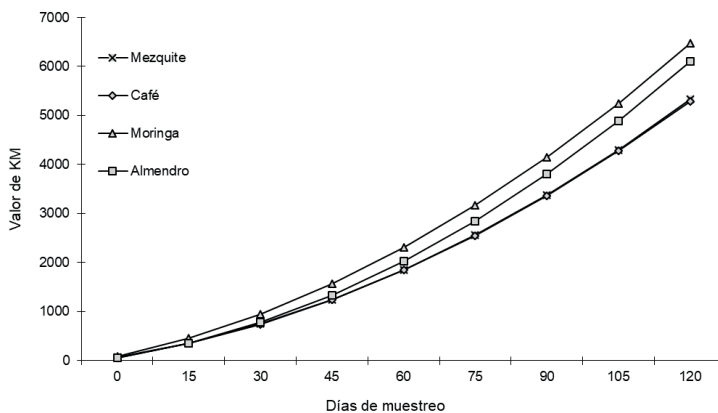
(Mezquite y Almendro), no presentan diferencias significativas entre ellas ($P>0.05$). En cuanto al incremento del ancho, el valor más alto esta en el tratamiento de Moringa con 2.055 % día⁻¹ y el valor más bajo fue para el tratamiento de Café con 1.501% día⁻¹. En esta variable todos los tratamientos presentan diferencias significativas ($P<0.05$) entre ellos.

En la Fig. 4. Valores promedio de la TIC (% día⁻¹) se muestran los valores en porcentaje de incremento diario a la longitud total, ancho y peso de la tasa instantánea de crecimiento (TIC).



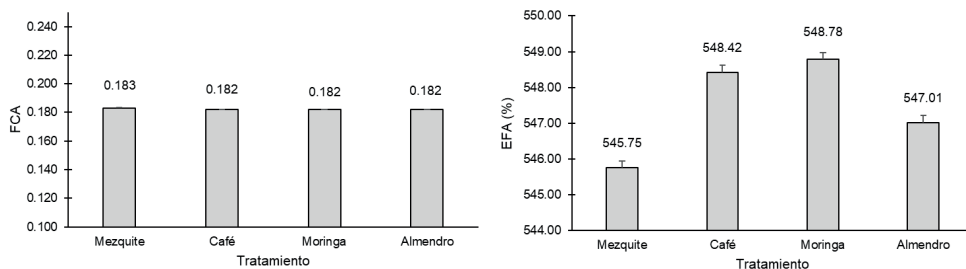
En la Fig. 5 se muestra la curva del grado de bienestar de los organismos en los diferentes tratamientos (KM). Como se puede observar, todas las curvas presentan una curva con tendencia positiva, por lo que se puede decir que no pierden su relación longitud/peso.

En la Fig. 5. Curvas del grado de bienestar (KM) de los organismos (relación longitud/peso) de los organismos en los diferentes tratamientos experimentales.



En la Fig. 6 se presentan los valores finales de la eficiencia de conversión alimenticia (ECA) y conversión alimenticia (FCA) que obtuvieron los organismos en los cuatro tratamientos experimentales.

En la Fig. 6. Valores promedio del factor de conversión alimenticia (FCA) y de la eficiencia de conversión alimenticia (ECA) de los organismos en los cuatro tratamientos experimentales.



Como se puede observar en estas dos variables (FCA y ECA), no presentan diferencias significativas entre ellas ($P > 0.05$) ya que en el caso de FCA la diferencia es tan solo de 0.001 de relación entre los tratamientos y con respecto al ECA, la diferencia tan solo es del 2%.

4. DISCUSIÓN

Los valores de pH en todos los tratamientos se mantuvieron en un rango básico (mayor a 7.5), lo cual concuerda con lo establecido por Emerenciano et al.[9] quien indica que en sistemas de Biofloc el pH debe mantenerse en un rango de 7 a 8.5 para un óptimo desempeño. En el caso del amonio (NH_4^+), el tratamiento con almendro presentó niveles bajos de amonio, cumpliendo con lo recomendado por Rakocy[10] de mantener concentraciones menores a 2.0 mg/L, por otro lado los tratamientos de café, mezquite y moringa superan los rangos determinados anteriormente.

Es importante mantener los niveles de amonio dentro de los rangos adecuados, ya que concentraciones altas pueden ser tóxicas para los organismos acuáticos y afectar negativamente la calidad del agua.

Los niveles de Nitrito (NO_2^-) en todos los tratamientos, fueron altos, excediendo los valores máximos de 5 mg/L recomendados por Rakocy[10] y Alcántar et al.[11] Estos niveles pueden ser perjudiciales para los organismos cultivados, ya que altas concentraciones de nitrito son tóxicas e inhibe el crecimiento. En el caso de Nitrato (NO_3^-) los niveles en el tratamiento con almendro se mantuvieron dentro del rango óptimo de 0.5 a 20 mg/L sugerido por Emerenciano et al.[9] Sin embargo, en los tratamientos con

café, mezquite y moringa, las concentraciones de nitrato fueron elevadas, superando este rango.

Los resultados reportados por Bustillo-Lecompte et al.[12] evaluaron un sistema acuapónico para el cultivo de tilapia y observaron niveles de nitrito inferiores a 1 mg/L, niveles de amonio por debajo de 0.5 mg/L y niveles de nitrato entre 50 y 100 mg/L. Estos valores se encontraban dentro de los rangos recomendados para el cultivo de tilapia.

De manera similar, Martins et al.[13] estudiaron un sistema acuapónico de tilapia y hortalizas, reportando niveles de nitrito inferiores a 0.5 mg/L, niveles de amonio por debajo de 1 mg/L y niveles de nitrato entre 5 y 20 mg/L, los cuales se consideran adecuados para el cultivo de tilapia.

En el tratamiento con almendro como fuente de carbono, las concentraciones de PO₄-3- oscilaron entre 3.4 y 7.9 mg/L. Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Souza et al.[14] quienes evaluaron un sistema Biofloc para el cultivo de tilapia y obtuvieron concentraciones de PO₄-3- entre 2.5 y 8.0 mg/L. Los autores sugieren que estos niveles son aceptables para el crecimiento óptimo de la tilapia.

En el tratamiento con moringa como fuente de carbono, se registraron las concentraciones más altas de PO₄-3-, con un rango de 4.5 a 30 mg/L. Estos valores son considerablemente superiores a los reportados por la mayoría de las investigaciones consultadas. Por ejemplo, Souza et al.[14] obtuvieron concentraciones de PO₄-3- entre 2.0 y 12.0 mg/L en un sistema Biofloc para tilapia, y sugieren que niveles superiores a 15 mg/L podrían ser perjudiciales para el cultivo.

Es importante mencionar que, a pesar de los recambios de agua realizados, los niveles de compuestos nitrogenados en los tratamientos con mezquite y moringa no pudieron ser controlados adecuadamente, sugiriendo que estas fuentes de carbono podrían estar contribuyendo a un exceso de nutrientes en el sistema, dificultando el mantenimiento de las condiciones óptimas.

Los resultados del crecimiento de *Solanum lycopersicum* cerasiforme con almendro promovió la mayor producción de hojas en las plantas de tomate, lo cual es consistente con los hallazgos de Somerville et al.[15] quienes reportaron un aumento en el número de hojas en plantas de tomate cultivadas en un sistema acuapónico con almendro como fuente de carbono, sugiriendo que los compuestos fenólicos presentes en el almendro podrían contribuir a este efecto.

En cuanto al crecimiento en altura de las plantas, el tratamiento con moringa promovió el mayor desarrollo, alcanzando una longitud promedio de 65.55 cm. Estos resultados son similares a los obtenidos por Delgado et al.[16] quienes evaluaron el

crecimiento de tomates en un sistema acuapónico Biofloc con diferentes fuentes de carbono orgánico. En su estudio, las plantas cultivadas con moringa exhibieron una altura significativamente mayor en comparación con otros tratamientos, con una longitud promedio de 72.3 cm.

Sin embargo, los resultados de la presente investigación contrastan con lo obtenido por Martínez-Espinoza et al.[17] quienes realizaron una investigación en la que cultivaron plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un sistema acuapónico utilizando vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*) y lana de roca como sustratos, observaron un mejor crecimiento en longitud y número de hojas en plantas de tomate cultivadas en un sistema acuapónico con mezquite como fuente de carbono. Esta discrepancia podría deberse a diferencias en las condiciones de cultivo, las especies utilizadas o las concentraciones de los nutrientes en las diferentes fuentes de carbono.

Respecto a los resultados obtenidos sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema Biofloc con diferentes fuentes de carbono, se muestran que las fuentes de carbono de almendro y mezquite promovieron un mayor crecimiento en longitud, ancho y peso de las tilapias en comparación con las fuentes de moringa y café. Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Emerenciano et al.[9] quienes evaluaron el desempeño de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en un sistema Biofloc utilizando diferentes fuentes de carbono orgánico. En su estudio, encontraron que las fuentes de carbono a base de harina de almendro y harina de semilla de mezquite proporcionaron un mejor crecimiento y mayor eficiencia en la conversión alimenticia en comparación con otras fuentes como la harina de semilla de moringa y la harina de semilla de café.

Por otra parte, el tratamiento de café fue el menos eficiente para el crecimiento de *Oreochromis niloticus*, debido a las altas concentraciones de NO_2^- , NO_3^- y NH_4^+ ya que Guzman[18] en su estudio para evaluar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* en Biofloc utilizando café como fuente de carbono, obtuvo buenos resultados en el crecimiento de los peces, con una supervivencia mayor del 85% y con concentraciones de NO_2^- , NO_3^- y NH_4^+ bajas, lo que se puede indicar que estas concentraciones altas en este estudio, inhibieron el crecimiento y los ejemplares solo estaban sobreviviendo.

Los resultados del factor de condición (km) en la presente investigación indicaron que las tilapias cultivadas con almendro alcanzaron longitudes y pesos mayores en comparación a las cultivadas con moringa, esto concuerda con la investigación realizada por Azim y Little[19] quienes reportaron que el factor de condición es un indicador de la condición nutricional y el estado de salud de los peces cultivados en el sistema Biofloc.

REFERENCIAS

1. Hernández Mancipe LE, Londoño Vélez JI, Hernández García KA, & Torres Hernández LC. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Rev. CES Med. Zootec.*; Vol 14 (1): 70-99. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/3214/321461742007/html/>
2. Castillo Caceres LL. (2023). Fuente de carbono en la tecnología biofloc: uso de la cáscara de papa para la producción de cachama blanca (*piaractus orinoquense*). Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Bucaramanga. Obtenido de: <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/9a7a1ace-7182-445e-9086-beb52d736738/content>
3. INTAGRI. (2017). Acuaponia para la Producción de Plantas y Peces. Serie Horticultura Protegida Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>
4. Emerenciano M, Ballester ELC, Cavalli RO, & Wasielesky W. (2011). Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus panaeus*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International* 19:891-901.
5. Cuerpo mente. (2018). Almendras. Almendras: propiedades, beneficios y valor nutricional. Obtenido de: cuerpomente.com
6. Luna-Almaraz AG, Martínez-Herrera RE, & Alemán-Huerta ME. (2022). El mezquite: un "superalimento" ancestral. *Revista Ciencia UANL*, 25(115), 20-29.
7. Tabla nutricional de café. (2015). Harina de café, carbohidratos (59.9 gr), proteínas (1.96 gr), fibra (0 gr). Obtenido de: <https://www.todoalimentos.org/cafe/>
8. CONASI. (2016). Moringa en polvo ecológica. Obtenido de: <https://www.conasi.eu/superalimentos/1371-moringa-en-polvo.html>
9. Emerenciano M, Martínez-Cordova LR, Martínez-Porchas M, & Miranda-Baeza A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality.
10. Rakocy JE. 1989. Hydroponic lettuce production in a closed recirculating system. En *Acuicultura de Aguas Calientes: Sistemas Integrados y Acuaponía* (pp. 233-245). Málaga, España: Publicaciones Universidad de Málaga.
11. Alcántar Vázquez JP, Santos Santos C, Moreno de la Torre R, Antonio Estrada C. (2014). Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). UNPA-PIFI, Oaxaca. México. Obtenido de: <https://www.unpa.edu.mx/libros/2-Manualproducciontilapia.pdf>
12. Bustillo-Lecompte CF, Kakaney M, Knight J, Colón BV, Mehta CM, Badalo K, & Souder T. (2016). Evaluación de un sistema acuapónico para el cultivo de tilapia. *Revista de Acuaponía Tropical*, 14(3), 25-42.
13. Martins CIM, Eding EH, Verdegem MCJ, Heinsbroek LTN, Schneider O, Blancheton JP, & Verreth JAJ. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93.
14. Souza FB, Silva JN, Ferreira TO, Ribeiro VL, & Santos AB. (2020). Evaluación de un sistema Biofloc para el cultivo de tilapia y optimización de niveles de fósforo. *Revista Brasileña de Acuicultura*, 26(2), 144-157. Obtenido de: <https://doi.org/10.1590/rbac.v26i2.8754>

15. Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, & Lovatelli A. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 589.
16. Delgado MA, Rodríguez JC, & Gutiérrez J. (2019). Crecimiento y rendimiento de tomates cultivados en un sistema acuapónico biofloc con diferentes fuentes de carbono. *Acuicultura*, 515, 734553.1
17. Martínez-Espinoza C, Zavala-León MJ, Cristóbal-Alejo J, Guillén-Navarro K, & Espinoza-Velazco C. (2020). Aquaponic production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) with mesquite (*Prosopis laevigata*) pods and rockwool as substrates. *Water*, 12(3), 843.
18. Guzman Tirado KM. (2019). Relación entre los compuestos nitrogenados y las comunidades microbianas presentes en un sistema de cultivo biofloc y su efecto en el crecimiento de *Oreochromis niloticus*. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco. Obtenido de: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/25151/1/cbs1972630.pdf>
19. Azim ME, & Little DC. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.030>

SOBRE O ORGANIZADOR

Eduardo Eugênio Spers realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSA e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceites esenciales 136, 137, 140, 142, 143, 144, 150, 151, 153, 158, 160

Ácidos orgánicos 136, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153

Actitudes ambientales 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Actividad antimicrobiana 137, 145, 147, 148

Acuicultura 163, 164, 169, 171, 178, 192, 204

Agricultura 1, 2, 4, 6, 22, 23, 35, 45, 64, 65, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 109, 110, 131, 135

Agricultura sostenible 2, 35

Agroecología 1, 2, 4, 5, 22

Alimento vivo 162, 163, 164, 175, 190, 192

Almidón 113, 115, 116, 119, 135, 192

Antocianinas 113, 114, 115, 117, 119, 120, 122, 123, 131, 135

B

Bioestimulante 51, 64

Biofloc 162, 173, 175, 190, 191, 192, 200, 201, 202, 203, 204

Biomasa 36, 66, 134, 164, 176, 177, 178, 184, 185, 186, 187, 191, 194

Burkholderia cepacia 162, 163, 165, 166, 175, 176, 178, 190, 191, 193, 194

C

Características físicas 123, 124, 135

D

Daphnia magna 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 184, 187, 188, 189

Daphnia pulicaria 162, 163, 169, 171

Desarrollo sustentable 25, 27, 28, 33

Difusión 97, 99, 100, 103, 104, 106, 108, 111

Dureza de grano 113

E

Educación ambiental 25, 27, 28, 31, 32

F

Fuentes de carbono 162, 163, 164, 165, 167, 171, 175, 176, 178, 181, 182, 184, 186, 190, 192,

193, 201, 202, 204

G

Germinación 95, 128, 130, 135

H

Huella genómica 123, 124, 125, 129, 130, 132

Humus sólido y líquido 51

I

Identidad genética 122, 130, 132

Innovaciones 97, 99, 100, 101, 103, 104, 106

Integridad intestinal 137, 152

Inteligencia Artificial 97, 100, 102

In vitro culture 87, 88

L

Larvicultura 176, 187

M

Macroalga 162, 163, 165, 167, 168, 192

Maíz azul 113, 114, 115, 116, 120, 122, 123, 124, 129, 131, 132, 135

Microalgas 164, 165, 169, 175, 176, 177, 178, 179, 184, 185, 186

Microbioma intestinal 1, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 143, 150, 170

Morphology 69, 156, 157, 160, 161

N

Nutrición sostenible 35

Nutrientes 14, 20, 34, 36, 37, 41, 44, 47, 50, 51, 52, 59, 63, 64, 139, 143, 149, 151, 153, 169, 178, 185, 201, 202

O

Olive tree 69, 70, 71, 85

Oreochromis niloticus 172, 188, 190, 191, 192, 202, 203, 204

Oxidation 87, 159

P

PCA 69, 71, 84

Physio-biochemical 69, 83, 84

Pinus 87, 88, 94, 95, 96

Plaguicidas 1, 4, 5, 6, 8, 15, 18, 19

Precisión 51, 97, 98, 100, 101, 102, 110, 111, 112

Problemática ambiental 25, 27, 28, 31

Producción de arroz 34, 35

Proteína 15, 53, 58, 65, 113, 115, 116, 118, 139, 140, 144, 145, 146, 177, 185, 191, 192

R

Rendimiento de arroz 35

Rendimiento productivo 136, 137, 138, 150, 152, 153

S

Salud 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 27, 35, 36, 37, 122, 123, 137, 138, 139, 142, 146, 150, 151, 152, 153, 202

Salud del suelo 35, 36, 37

Seeds 87, 88, 89, 91, 92, 114, 123, 130

Steppe 69, 80, 84

Suelos de Monteria 35

Sulfato de calcio 51, 53

Sulfato de Potasio 51, 53, 58

U

Uso de biofertilizantes 35

Z

Zea mays 113, 114, 120, 122, 123, 128, 130, 135

Zea mays L. 113, 114, 120, 122, 123, 128, 135



**EDITORIA
ARTEMIS**
2026