

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL II

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL II

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 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.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Manuel Simões
<b>Imagem da Capa</b>	Vivilweb/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, 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. 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. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.ª Dr.ª Iara 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 Godínez, *Universidad Autónoma de Baja California, México*  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Díaz, *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. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*  
Prof. Dr. Leinig 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 Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, *Universidade Federal de Itajubá, Brasil*  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), 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 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 Maria Gracinda Carvalho Teixeira, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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)**

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades: vol. II / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-83-5

DOI 10.37572/EdArt\_310523835

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.  
I.Simões, Manuel.

CDD 574

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**



## PREFÁCIO

A investigação científica e o desenvolvimento tecnológico têm permitido criar soluções para os mais diversos problemas sociais. Contudo, os avanços científicos e tecnológicos não se podem distanciar das abordagens de disseminação relevantes, que permitam que o conhecimento seja disponibilizado de forma criteriosa e compreensível à comunidade académica, às empresas/indústria e ao público em geral.

O segundo volume da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia” é composto por 12 capítulos que descrevem avanços significativos das ciências e tecnologias biológicas aplicadas a diversas áreas de investigação, complementando os trabalhos publicados no primeiro volume. Em particular, este volume, reúne capítulos relacionados com as ciências biológicas nas seguintes áreas/tópicos: biomédica (capítulos 1 e 2); biologia funcional e biotecnologia de plantas (capítulos 3 a 6); produção e proteção de alimentos (capítulos 7 a 9); ambiente e biorrecursos (capítulos 10 a 12).

O leitor deste volume beneficiará de um conjunto de informação inovadora que, além de ser um excelente contributo científico, contribuiu para dar resposta a diversos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas.

Manuel Simões

## SUMÁRIO

### MEDICINA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

AISLAMIENTO, CULTIVO Y CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS ESTROMALES MESENQUIMALES DE PULPA DENTAL PROVENIENTES DE POBLACIÓN MEXICANA: PERSPECTIVAS EN EL DESARROLLO DE TERAPIA CELULAR

Flor Yohana Flores Hernández  
Héctor Miguel Ramírez Bedoy  
Laura Susana Villa García Torres  
Gleira Lisseth González Pelayo  
Luz Patricia Escobar Santibáñez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238351](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238351)

#### **CAPÍTULO 2..... 14**

ALTERACIÓN EN VIABILIDAD CELULAR, DAÑO EN ADN Y CAMBIOS EN LA EXPRESIÓN DE HSP70 EN LEUCOCITOS HUMANOS EXPUESTOS A RADIACIÓN UVA Y CALOR

David Alejandro García López  
Rosa Gabriela Reveles Hernández  
Rosa María Ramírez Santoyo  
Luz Elena Vidales Rodríguez  
María Argelia López Luna  
Sergio Hugo Sánchez Rodríguez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238352](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238352)

### BIOLOGIA FUNCIONAL E BIOTECNOLOGIA DE PLANTAS

#### **CAPÍTULO 3..... 26**

IDENTIFICACIÓN DE HÍBRIDOS DE *Citrus aurantifolia* X *Citrus limon* UTILIZANDO MARCADORES DE SECUENCIAS SIMPLES REPETIDAS (SSR)

Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán  
Mario Orozco Santos  
Claudia Yared Michel López  
Paola Andrea Palmeros Suárez  
Mayra Guadalupe Mena Enriquez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238353](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238353)

**CAPÍTULO 4..... 40**

DINÁMICA DE CALIDAD, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NOGAL PECANERA  
(*CARYA ILLINOINENSIS* KOCH)

Joe Luis Arias-Moscoso  
Francisco Cadena-Cadena  
Felipe Reynaga Franco  
Alejandro García Ramírez  
Gilberto Rodríguez Pérez  
Dulce Alondra Cuevas-Acuña  
José Eliseo Ortiz Enríquez  
Jesús Arnulfo Márquez Cervantes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238354](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238354)

**CAPÍTULO 5..... 45**

GERMINACIÓN *in vitro* DE TRES ESPECIES DE ORQUÍDEAS ENDÉMICAS DE LA  
REGIÓN SUROCCIDENTAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO

María Guadalupe Mendoza García  
Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán  
Susana de la Torre Zavala  
Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238355](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238355)

**CAPÍTULO 6..... 63**

ANÁLISIS DE LA PROPORCIÓN DE SEXOS DE *DIAPHORINA CITRI* KUWAYAMA EN  
EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Araceli Flores Aguilar  
Benito Hernández Castellanos  
Julio César Castañeda Ortega  
Diana Pérez Staples  
Lourdes Cocotle Romero

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238356](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238356)

**PRODUÇÃO E PROTEÇÃO ALIMENTAR**


**CAPÍTULO 7..... 69**

EL POLVO DE DIATOMEAS ES UNA OPCION SUSTENTABLE PARA PROTECCIÓN DE  
MAIZ ALMACENADO

José Guadalupe Loya Ramírez



Félix Alfredo Beltrán Morales  
Sergio Zamora Salgado  
Francisco Higinio Ruiz Espinoza  
Jesús Navejas Jiménez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238357](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238357)

**CAPÍTULO 8.....75**

ANÁLISIS BIOECONÓMICO DEL CULTIVO INTENSIVO FOTO-HETEROTRÓFICO DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) EN ALTA SALINIDAD CON REPOSICIÓN MINIMA DE AGUA, PARA EL CICLO VERANO-OTOÑO

Luis Daniel Moreno-Figueroa  
Humberto Villarreal-Colmenares  
Alfredo Hernández-Llamas  
José Naranjo-Páramo  
Mayra Vargas-Mendieta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238358](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238358)

**CAPÍTULO 9.....82**

¿CÓMO VA EL CAMBIO DE ESTATUS DE LOS CULTIVOS/ALIMENTOS NUS EN CULTIVOS/ALIMENTOS NO-NUS?

Ximena Rocío Cadima Fuentes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238359](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238359)

**AMBIENTE E BIORRECURSOS**

**CAPÍTULO 10..... 93**

DECOMPOSITION OF THE INVASIVE ACACIA *LONGIFOLIA* IN A PERI-URBAN STREAM

Manuela Abelho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383510](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383510)

**CAPÍTULO 11..... 105**

REMOCIÓN DE CINCO PRODUCTOS FARMACÉUTICOS CATALOGADOS COMO CONTAMINANTES EMERGENTES EN MEDIO ACUOSO UTILIZANDO LA ESPECIE VETIVER (*Chrysopogon zizanioides*)

Miriam Checa-Artos  
Daynet Sosa del Castillo  
Eulalia Vanegas María

Omar Ruiz-Barzola

Milton Barcos-Arias

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383511](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383511)

**CAPÍTULO 12 .....122**

**GIBBERELLIC ACID DETERMINATION IN AGRICULTURAL SOILS**

Gabriel Hernández-Morales

José Enrique Botello-Álvarez

Marcela Cárdenas-Manríquez

Ricardo Gómez-González

Pasiano Rivas-García

Brenda Ríos-Fuentes

Ramiro Rico-Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383512](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383512)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....132**

**ÍNDICE REMISSIVO .....133**

# CAPÍTULO 8

## ANÁLISIS BIOECONÓMICO DEL CULTIVO INTENSIVO FOTO-HETEROTRÓFICO DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) EN ALTA SALINIDAD CON REPOSICIÓN MINIMA DE AGUA, PARA EL CICLO VERANO-OTOÑO

Data de submissão: 23/03/2023

Data de aceite: 14/04/2023

**Mayra Vargas-Mendieta**

Programa de Acuicultura

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, Baja California Sur, México

**Luis Daniel Moreno-Figueroa**

Grupo de Nanotecnología y

Biocontrol Microbiano

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, Baja California Sur, México

<https://orcid.org/0000-0002-5227-7824>

**Humberto Villarreal-Colmenares**

Programa de Acuicultura

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, Baja California Sur, México

<https://orcid.org/0000-0002-4125-8871>

**Alfredo Hernández-Llamas**

Programa de Acuicultura

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, Baja California Sur, México

<https://orcid.org/0000-0001-6369-6963>

**José Naranjo-Páramo**

Programa de Acuicultura

Centro de Investigaciones

Biológicas del Noroeste, S.C.

La Paz, Baja California Sur, México

**RESUMEN:** Se desarrolló un análisis bioeconómico para inferir la producción y rendimiento económico del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un sistema intensivo foto-heterotrófico en alta salinidad con reposición mínima de agua para el ciclo verano-otoño. La salinidad fue mantenida en 46 ( $\pm 2.5$ ) g/L, oxígeno disuelto a 4.4 ( $\pm 0.4$ ) mg/L, pH a 7.8 ( $\pm 0.2$ ) y temperatura a 31.6 ( $\pm 0.7$ ) °C. El modelo bioeconómico mostró un peso individual final (*wf*) fue de 18.14 g, sobrevivencia de 81.4% y una biomasa final de 17.73 Ton/ha, valores muy cercanos a los registrados en la biometría final (18.6 g para el peso, 81.2% para la sobrevivencia y 18.1 Ton/ha para la biomasa), con una utilidad neta de \$693,730 MXN/Ha en 92 días de cultivo. El análisis de sensibilidad mostró que el precio de camarón fue el factor que más influenció la utilidad neta, seguido del peso final, concentración de oxígeno disuelto y temperatura. El cultivo intensivo foto-heterotrófico en alta salinidad es una innovadora tecnología que permite obtener elevados rendimientos de producción de camarón de manera biosegura. Los resultados económicos indican un alto potencial de aplicación y la conveniencia de continuar la investigación para su escalamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Cultivo intensivo bioseguro. Foto-heterotrófico. Camarón blanco.

## BIOECONOMIC ANALYSIS OF THE INTENSIVE PRODUCTION OF WHITE LEG SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) IN A PHOTO-HETEROTROPHIC HYPERSALINE SYSTEM WITH MINIMAL SEAWATER REPLACEMENT, FOR THE SUMMER-AUTUMN CYCLE

**ABSTRACT:** A bioeconomic analysis was developed to infer the production and economic performance of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in a photo-heterotrophic, hypersaline intensive system with minimal water replacement for the summer-autumn production cycle. Salinity was maintained at 46 ( $\pm 2.5$  g / L), dissolved oxygen at 4.4 ( $\pm 0.4$  mg / L), PH at 7.8 ( $\pm 0.2$ ) and temperature at 31.6 ( $\pm 0.7$  ° C). The bioeconomic model showed that final individual weight ( $w_f$ ) was 18.14 g, survival was 81.4% and final biomass of 17.73 Ton / ha. These values very close to those registered at harvest (18.6 g for the final weight, 81.2% for survival and 18.1 Ton / ha for final biomass). Net profit was \$ 693,730 MXN / ha after 92 days of rearing. The sensitivity analysis showed that the price of shrimp was the factor that most influenced the net profit, followed by the final weight, dissolved oxygen concentration and temperature. The intensive photo-heterotrophic system is an innovative technology that allows to obtain high yields of shrimp production in a biosecure way. The economic results indicate a high potential for application and the convenience of continuing the investigation for its scaling up.

**KEYWORDS:** Intensive biosecure cultivation. Photo-heterotrophic. White leg shrimp.

### 1 INTRODUCCIÓN

La camaronicultura, a pesar de sus innegables beneficios como son la creación de empleos, la obtención de divisas para los países en desarrollo y de ganancias económicas para las empresas dedicadas a la actividad, es una industria que enfrenta grandes retos y problemáticas. Entre ellos, los de mayor importancia se relacionan con el impacto ambiental de los efluentes sobre los ecosistemas receptores de las descargas, la aparición frecuente de epizootias y la dependencia de insumos de origen animal, especialmente de peces marinos, para la fabricación de alimentos balanceados. Para enfrentar dichos retos, las nuevas tecnologías de cultivo requieren la sustentabilidad, tanto ambiental como económica, proporcionando organismos con alta calidad nutricional y organoléptica. La tendencia acuícola mundial busca la intensificación, ya que existe una competencia creciente por espacios y recursos con otras industrias, aunado a la necesidad de disminuir costos de producción para incrementar el margen de ganancia y la competitividad.

El sistema foto-heterotrófico es un sistema híbrido también llamado semi-biofloc y/o mixotrófico, que nace del sistema heterotrófico (biofloc) adaptando el protocolo a las características locales geográficas y de infraestructura. Está basado en un cuidadoso equilibrio entre organismos heterotróficos y autotróficos que se presenta cuando

existe un balance en los nutrientes suministrados, la concentración de oxígeno disuelto adecuada y la capacidad de transporte de partículas necesaria, resultado del uso de aireación. Los microorganismos crean un agregado formado por algas verdes, bacterias, detritos, partículas orgánicas y protozoarios, que además de ser utilizado como alimento, limita el desarrollo de bacterias patógenas (ej. *Vibrio spp.*), controla la calidad del agua al degradar compuestos nitrogenados ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ), alimento no consumido, plancton muerto y heces fecales en compuestos no tóxicos, lo que conlleva a la estabilización, permitiendo que el recambio de agua sea innecesario si los demás parámetros son controlados correctamente (Huda *et al.*, 2013; Moreno-Figueroa *et al.*, 2019). El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento biológico y económico de esta tecnología a través de un análisis bioeconómico.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Seis estanques de 1000m<sup>2</sup> (20 x 50m) a una profundidad de 1.35m fueron sembrados a una densidad de 120 PL/m<sup>2</sup>, alimentados 3 veces por día con ración comercial de 35% de proteína cruda. Rutinariamente se monitorearon y analizaron parámetros de calidad de agua (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, amonio, nitritos, nitratos, fosfatos, concentración de bacterias del género *Vibrio* y heterótrofas marinas). Aireadores (Aire-O<sub>2</sub>) de 2HP se utilizaron para ofrecer el equivalente a 20 HP/ha de aireación durante los primeros 60 días de cultivo, incrementando a 40 HP/ha hasta finalizar el ciclo en el día 92. La salinidad se mantuvo en  $46 \pm 2.5$  g/L con adiciones semanales de agua marina, equivalentes a 1.6%/ día.

El modelo bioeconómico está integrado por tres submodelos: biológico, de manejo (factor de conversión alimenticia) y económico. El modelo fue calibrado a partir de los resultados zootécnicos y de calidad de agua de los estanques registrados a lo largo del ciclo. El submodelo biológico fue utilizado para predecir la cantidad de biomasa ( $b_t$ ) en función del tiempo, como el resultado del producto del peso individual promedio ( $w_t$ ) y el número de organismos sobrevivientes ( $n_t$ ):  $b_t = w_t \cdot n_t$ . Se usó la ecuación desarrollada por Ruiz-Velazco *et al.* (2010) para predecir el crecimiento del camarón:  $w_t = w_i + (w_f - w_i)[(1 - k_i) / (1 - k^h)]^3 + e$ ; donde:  $w_t$  es el peso promedio individual a  $t$  unidades de tiempo,  $w_i$  es el peso inicial,  $w_f$  es el peso final,  $k$  es el coeficiente de crecimiento,  $h$  es el número de unidades de tiempo hasta la cosecha y  $e$  es el error residual.

La sobrevivencia fue calculada en función del tiempo, usando la ecuación exponencial:  $n_t = n_0 e^{-z \cdot t}$ ; donde:  $n_t$  es el número de sobrevivientes,  $n_0$  es el número de organismos en la siembra,  $t$  es el tiempo y  $z$  es la tasa de mortalidad, calculada de la

siguiente manera:  $z = -Ln(n_t/n_0)/tf$ ; dónde:  $n_t$  es el número de organismos al momento de la cosecha ( $tf$ ). Se usaron procedimientos para regresión no lineal disponibles en Statistica 6.0 para ajustar la ecuación de crecimiento, estableciendo un nivel de significación de  $P < 0.05$ . Se llevaron a cabo análisis para determinar correlaciones entre los parámetros del sub-modelo biológico y las variables de calidad de agua.

Para el submodelo de manejo, el factor de conversión alimenticia (FCA) fue inferido en función del tiempo, combinando una ecuación lineal simple con una curva senoide, mediante la siguiente fórmula:  $FCA = A + (B \cdot t) + C \cdot \text{Sen}(2 \cdot \pi \cdot t / L) + F + e$ ; dónde:  $A$  y  $B$  son coeficientes de la ecuación lineal,  $C$ ,  $D$ ,  $L$  y  $F$  son parámetros de la curva senoide,  $t$  es el tiempo y  $e$  es el error residual resultante del análisis de regresión. En el caso del submodelo económico, la utilidad ( $u_t$ ) se calculó en función del tiempo:  $u_t = i_t - c_t$ ; dónde: el ingreso ( $i_t$ ) es el producto de la biomasa del camarón (del submodelo biológico) y el precio de venta del camarón ( $pv$ ) y  $c_t$  son los costos operativos considerados para el análisis:  $c_t = c_{per} + c_{PL} + c_{fer} + c_{pe} + c_{ma} + cc + c_{A_t} + c_{p_t} + c_{ra_t} + c_{e_t}$ ; dónde los costos son:  $c_{per}$ , personal (incluyendo costos administrativos);  $c_{PL}$ , postlarva;  $c_{fer}$ , fertilizante;  $c_{pe}$ , preparación del estanque;  $c_{ma}$ , mantenimiento;  $cc$ , cosecha;  $c_{a_t}$ , alimento;  $c_{p_t}$ , probióticos;  $c_{ra_t}$ , reemplazo de agua y  $c_{e_t}$  energía eléctrica.

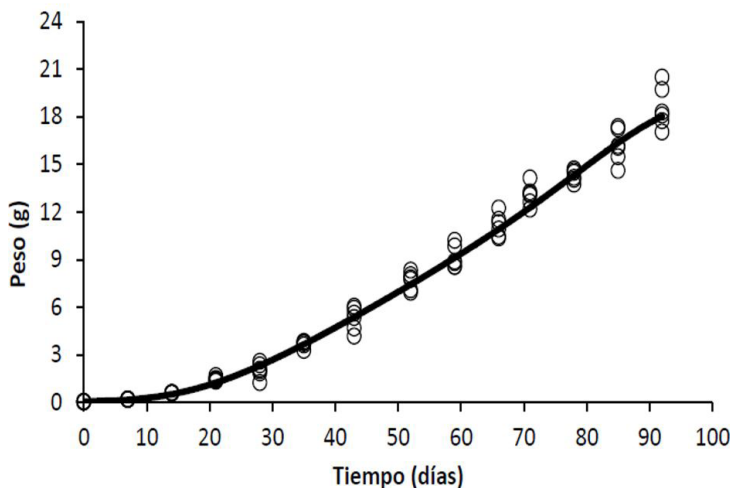
La normalidad en los datos de crecimiento de los estanques se analizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y se comparó con la prueba análisis de varianza de una vía. El modelo bioeconómico se programó en Excel 10.0 y para los análisis se utilizó Statistica 6.0 (Statsoft, Tulsa, OK, USA), estableciendo una significación de  $P < 0.05$ . Se llevaron a cabo simulaciones Monte Carlo con @Risk 6.0 (Palisade, Ithaca, N.Y.), a fin de generar variabilidad estocástica en los valores de la producción y de la utilidad neta utilizando las distribuciones de probabilidad para cada uno de los submodelos. El coeficiente de variación se usó como un índice de incertidumbre del desempeño económico. Para analizar la sensibilidad de las utilidades a factores de riesgo, se utilizaron valores de los coeficientes de regresión múltiple, los cuales relacionan la utilidad neta con los respectivos parámetros zootécnicos y económicos. De acuerdo con esto, un valor alto del coeficiente, indica un alto impacto (sensibilidad) de la variable o parámetro correspondiente en los ingresos netos. Para el análisis de sensibilidad se utilizaron los procedimientos disponibles en @Risk 6.0.

### 3 RESULTADOS

La ecuación de crecimiento analizada se ajustó adecuadamente a los datos previamente registrados y se obtuvieron resultados significativos en términos del análisis

de varianza de la regresión (Fig. 1). Se estimó que el peso individual final ( $w_f$ ) debería estar entre 16.72 y 19.16 g, con un promedio de 18.14 g. Con el mismo porcentaje de confianza se estimó que la sobrevivencia debería estar entre 80.3 y 83.9%, promediando 81.4% y una biomasa final entre 16.81 y 18.59 Ton/ha, con un promedio de 17.73 Ton/ha, valores muy cercanos a los registrados en la base de datos (18.6 g para el peso final, 81.2% para la sobrevivencia y 18.1 Ton/ha para la biomasa final).

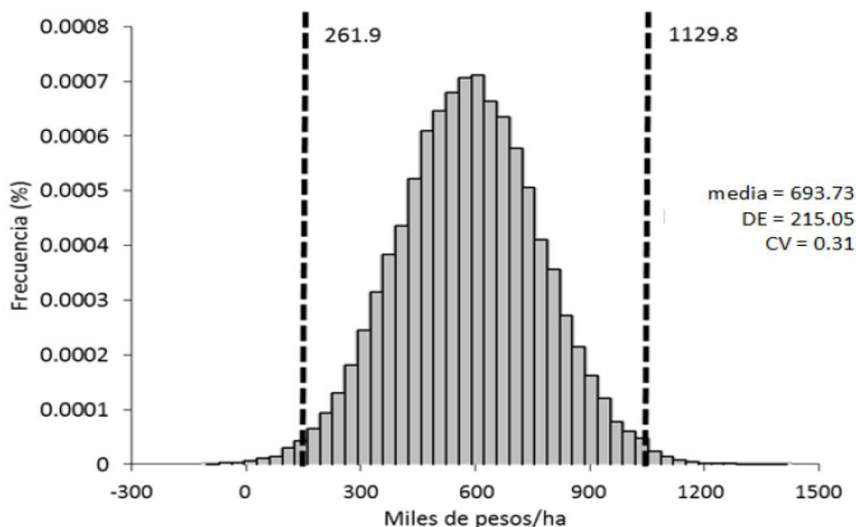
Figura 1. Ajuste de la ecuación del submodelo de crecimiento:  $w_t = w_i + (w_f - w_i)[(1 - k)^t / (1 - k^t)]^3$  al peso de *L. vananmei* durante el ciclo de producción verano-otoño.



Los resultados mostraron que el coeficiente de crecimiento ( $k$ ) está negativamente relacionado con la temperatura del agua ( $T$ ) ( $r^2 = 0.93$ ) y que el peso final ( $w_f$ ) está directamente relacionado con la concentración de oxígeno disuelto ( $OD$ ) ( $r_2 = 0.92$ ) y con la tasa de mortalidad ( $z$ ) ( $r^2 = 0.92$ ). Las relaciones establecidas entre ellos son:  $k = 1.3139 - 0.0105 (T)$  y  $w_f = 1.0891 + (3321.069 \cdot z) + (2.2626 \cdot DO)$ . La ecuación resultante para el cálculo del factor de conversión alimenticia fue:  $FCA = 0.9209 + (0.0077 \cdot t) - 0.0413 \cdot Sen(2\pi t / 38.2618) + 6.9397$ .

La distribución de probabilidad de la utilidad se muestra en la Fig.2. Se estimó que se obtendrá una utilidad entre \$261,900 y \$1,129,800 MXN/ha (promedio = \$693,730 MXN/ha). De acuerdo con el análisis, los precios del camarón para las tallas de cosecha fueron los factores que más influyeron en la variabilidad de la utilidad, mientras que los parámetros de producción, de calidad del agua y el costo de la postlarva tuvieron influencia media o nula.

Figura 2. Distribución de probabilidad de la utilidad neta del modelo bioeconómico para el cultivo intensivo foto heterotrófico de *L. vannamei* durante el ciclo verano-otoño. Las líneas punteadas indican un intervalo de 95% de confianza.



#### 4 DISCUSIÓN

El modelo biológico predijo satisfactoriamente la dinámica de la producción del camarón, como consecuencia del ajuste adecuado de las ecuaciones de crecimiento y sobrevivencia, así como de los modelos estadísticos resultantes del análisis de regresión. Las relaciones entre los parámetros del modelo de producción y la calidad de agua fueron consistentes con lo reportado por otros autores en lo relativo a la influencia que tiene la temperatura y el oxígeno disuelto en el crecimiento y sobrevivencia. El peso final del camarón ( $w_t$ ) estuvo positivamente relacionado con la tasa de mortandad ( $z$ ) y la concentración de oxígeno disuelto ( $OD$ ). Una mayor tasa de mortandad significó una menor concentración de organismos, lo que facilitó un mayor crecimiento individual de los sobrevivientes, al haber mayor disponibilidad de espacio y recursos. El resultado del modelo estocástico mostró que, con el paso del tiempo, el coeficiente de variación disminuyó indicando que hay menor incertidumbre al predecir el valor de la biomasa hacia el final del ciclo.

Las granjas semi-intensivas en México, generan utilidades entre \$13 000 y \$45 000 MXN/ha/ciclo, mientras que para esta investigación, se estimó que la utilidad promedio fue de \$693 730/ha. El sistema evaluado presenta beneficios en bioseguridad, consistencia productiva y en la reducción de requerimientos de área productiva; sin embargo, son necesarias futuras investigaciones para demostrar la factibilidad del



sistema, tomando en cuenta costos de inversión e impuestos, entre otras variables. El análisis de sensibilidad mostró que el precio del camarón fue el factor más importante en la variabilidad de la utilidad neta, en estudios anteriores, se indicó que es un factor muy importante en la determinación del rendimiento económico en granjas semi-intensivas e intensivas (Hernández-Llamas *et al.* 2013, Estrada-Pérez *et al.* 2015; Moreno-Figueroa *et al.*, 2019).

El precio base del camarón es principalmente determinado por comerciantes que acaparan la mayor parte de la producción y la mejor estrategia para la cosecha, posiblemente deberá cambiar año con año, dependiendo de cambios en los precios determinados por la demanda de tallas específicas y la aparición de brotes de enfermedades, entre otros factores.

## 5 CONCLUSIÓN

El modelo de producción foto heterotrófico para camarón es altamente eficiente y muestra viabilidad económica. La relevancia del precio del camarón para diseñar programas y/o protocolos de cultivo, hace imperativo el seguimiento y registros semanales en los precios del camarón, en vez de los actuales que se realizan mensual o trimestralmente. El modelo bioeconómico resultó una herramienta efectiva para analizar el rendimiento económico y factores de incertidumbre en los sistemas de cultivo de camarón.

## BIBLIOGRAFÍA

Estrada-Pérez, M., Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernández-Llamas, A., Zavala-Leal, I., Martínez-Cárdenas, L. (2015). Deterministic and stochastic models for analysis of partial harvesting strategies and improvement of intensive commercial production of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquacultural Engineering*, 70, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.11.003>

Hernández-Llamas, A., Ruiz-Velazco, J.M.J., Gómez-Muñoz, V.M. (2013). Economic risk associated with white-spot disease and stochastic variability in economic, zootechnical and water quality parameters for intensive production of *Litopenaeus vannamei*. *Reviews in Aquaculture*, 5, 121-131. <https://doi.org/10.1111/raq.12008>

Huda, A.S., Ispinanto, J., Bahri, F., Decamp, O. (2013). Successful production in semi-biofloc in Indonesia. *Aquaculture Asia Pacific*, 2, 8-12. <https://thefishsite.com/articles/successful-production-in-semibiofloc-in-indonesia>

Moreno-Figueroa, L.D., Villarreal-Colmenares, H., Naranjo-Páramo, J., Vargas-Mendieta, M., Mercier, L., Casillas-Hernández, R., Hernández-Llamas, A. (2019). Bioeconomic modelling of the intensive production of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in a photo-heterotrophic hypersaline system, with minimal seawater replacement. *Reviews in Aquaculture* 11: 685-696. <https://doi.org/10.1111/raq.12252>.

Ruiz-Velazco, J.M.J., Hernández-Llamas, A., Gómez-Muñoz, V.M., Magallón, F.J. (2010). Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by White-spot disease. *Aquaculture*, 300, 113-119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.12.027>.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Manuel Simões** é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acacia 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104  
Agricultural soil 122, 123, 124, 128, 130  
Aguas residuales 105, 106, 107, 108, 109, 110, 117, 118  
Alder 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102  
Apomixis 26, 27, 28

### C

Camarón blanco 75, 76  
Candidatus Liberibacter spp 63, 64  
Carya illinoensis koch 40, 41  
Células madre 1, 2, 3, 4  
Cítricos 26, 27, 28, 29, 31, 34, 37, 39, 63, 64, 66, 67, 68  
Contaminantes emergentes 105, 106, 107, 108, 109, 110, 117  
Cultivo intensivo bioseguro 76  
Cultivos subutilizados 82

### D

dinámica de crecimiento 41, 42, 43  
dragón amarillo 29, 63

### E

Ecosystem functioning 93, 103  
Estrés 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 27

### F

Fitorremediación 106, 109, 110, 117  
Foto-heterotrófico 75, 76  
Frecuencia y formas de consumo 82

### G

Germinación 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62  
Gibberellic acid 46, 122, 123, 125, 128, 129, 130, 131  
Grano sano 69

### H

HPLC 123, 125

Hsp70 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24

Huanglongbing 26, 29, 63, 64, 67, 68

## L

Leaf litter 93, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Leucocitos 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23

## M

Macroinvertebrates 93, 97, 100, 101, 102

Marcadores moleculares 26, 27, 28, 29, 36, 39

Micropropagación 46, 47, 51

Microsatélites 27

## N

Nogal pecanero 40, 41, 42, 44

## O

Orquídeas 45, 46, 47, 48, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

## P

Producción agrícola 26, 41, 68, 74

Productos farmacéuticos 105, 106, 107, 110, 118

Pulpa dental 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12

## R

Radiación ultravioleta 14, 15, 17, 23, 24

Regeneración 2, 11

Reguladores de crecimiento 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 59, 60

## S

Silicio 69, 70

Sitophilus zeamais 69, 70, 74

Sondeo rápido 82, 84

Superficie de respuesta 106, 112, 113, 118

## V

Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) 105, 106, 107, 109, 110, 111, 117