

Alda Rocío Ortiz Muñiz  
(Organizadora)



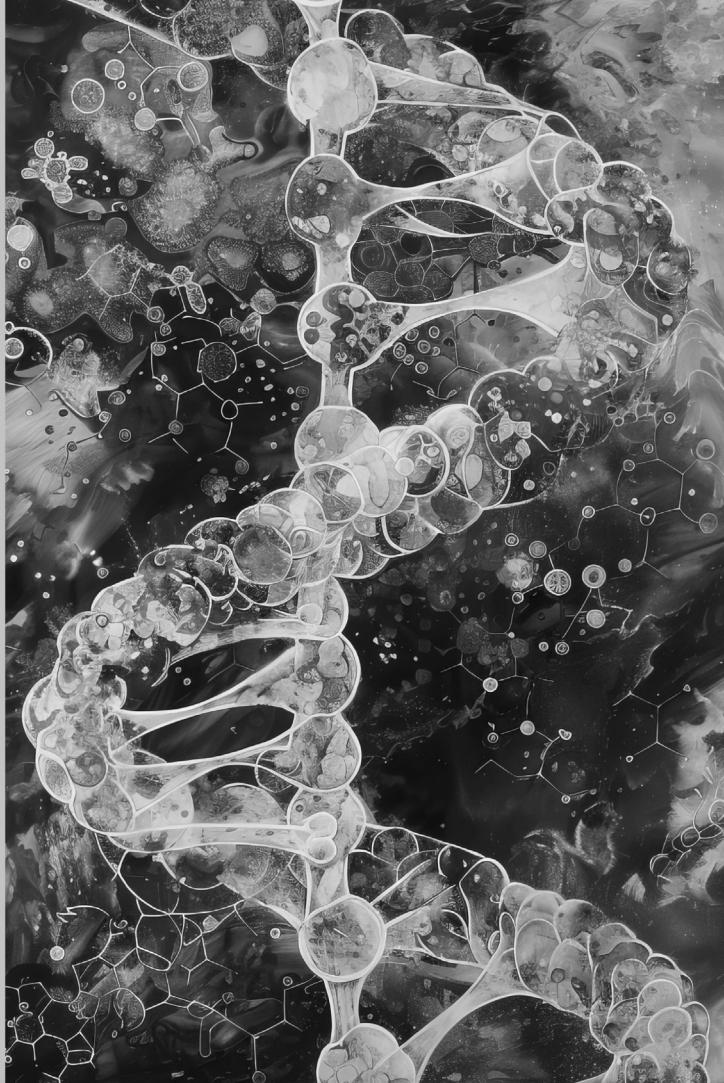
# ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I



EDITORA  
ARTEMIS  
2026

Alda Rocío Ortiz Muñiz  
(Organizadora)



# ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL I

 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.**

<b>Editora Chefe</b>	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>Organizadora</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Alda Rocío Ortiz Muñiz
<b>Imagem da Capa</b>	mikkiorso/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*  
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 Emilias 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 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 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 MªGraça 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 biológicas e suas tecnologias [livro eletrônico] / Organizadora Alda Rocío Ortiz Muñiz. – 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 978-65-82858-09-3

DOI 10.37572/EdArt\_300626093

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biodiversidade.  
4. Sustentabilidade ambiental. I. Ortiz Muñiz, Alda Rocío.

CDD 570

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



## PRÓLOGO

Las ciencias biológicas ocupan un lugar esencial en la comprensión de los fenómenos de la vida, desde los procesos moleculares, celulares y genéticos que sustentan el funcionamiento de los organismos, hasta la dinámica de los ecosistemas y las relaciones que estos establecen con su ambiente, así como de las posibilidades tecnológicas que emergen de la investigación científica aplicada. En un mundo marcado por crisis ambientales, demandas de sostenibilidad, avances biotecnológicos y desafíos relacionados con la salud humana y ecosistémica, resulta cada vez más necesario articular conocimiento científico, innovación, responsabilidad social y compromiso con la preservación de la vida en sus múltiples formas.

Este primer volumen de *Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias* reúne un conjunto de trabajos que expresa la diversidad y la relevancia contemporánea de este campo. Las investigaciones aquí presentadas transitan por temas como biomarcadores de daño genético, formación en contextos biomédicos, productos naturales, compuestos bioactivos, actividad antioxidante, alternativas ecológicas para la higiene doméstica, crisis hídrica, sostenibilidad, biodiversidad, ecosistemas costeros, manglares, microplásticos y contaminación lumínica. Se trata, por tanto, de una obra que evidencia la amplitud de las ciencias biológicas y su capacidad de dialogar con problemas científicos, ambientales, tecnológicos, educativos y sociales.

La organización de este volumen fue pensada a partir de una estructura breve y articulada, distribuida en tres ejes temáticos. Esta propuesta busca valorar la especificidad de cada trabajo sin fragmentar excesivamente la lectura, considerando que los capítulos reunidos comparten una preocupación común: comprender, preservar, transformar y aplicar el conocimiento biológico frente a los desafíos del presente.

El primer eje, dedicado a la salud, los biomarcadores y los procesos formativos, abre el volumen con una reflexión sobre dos dimensiones complementarias de las ciencias biológicas aplicadas al ámbito de la salud: por una parte, el desarrollo y utilización de herramientas para el estudio del daño celular y genético, y por otra, los procesos educativos que intervienen en la formación de los profesionales de la salud. Los estudios reunidos en esta sección permiten reflexionar sobre la importancia de las herramientas de análisis biológico para la identificación de daños celulares y genéticos, así como sobre los procesos formativos que atraviesan áreas vinculadas a la salud. Al articular investigación biomédica, toxicología, nutrición, ambiente y formación profesional, este bloque evidencia que las ciencias biológicas no se restringen al estudio aislado de los seres vivos, sino que también contribuyen a la comprensión de condiciones que afectan la salud, la prevención de riesgos y la calidad de los procesos educativos en campos biomédicos.

El segundo eje reúne investigaciones relacionadas con los productos naturales y los compuestos bioactivos. En este conjunto se observa el potencial de las ciencias biológicas y de sus tecnologías para el aprovechamiento sostenible de recursos naturales y el desarrollo de procesos y productos con aplicación ambiental, alimentaria y doméstica. Los trabajos exploran temas como la extracción de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante, la capsaicina, los hidrolatos, los aceites esenciales y las formulaciones sostenibles. Esta sección destaca la relevancia de la innovación científica orientada por principios de sostenibilidad, aprovechamiento responsable de los recursos naturales y reducción de impactos ambientales.

Al abordar recursos vegetales y materias primas naturales, los capítulos de este eje demuestran que la tecnología puede ponerse al servicio de soluciones más responsables, eficientes y coherentes con las necesidades actuales. La búsqueda de procesos menos agresivos para el ambiente, de alternativas biodegradables y de productos con potencial funcional o antimicrobiano revela una dimensión aplicada de las ciencias biológicas, en la cual el conocimiento sobre organismos, moléculas y metabolitos naturales se transforma en estrategias concretas de innovación.

El tercer eje se orienta al ambiente, la biodiversidad y la sostenibilidad socioecológica. Los trabajos reunidos en esta sección abordan problemáticas ambientales de gran relevancia, como la contaminación lumínica, la crisis agrícola provocada por sequías, la presencia de microplásticos en playas, la biodiversidad de peces en manglares y la necesidad de soluciones sostenibles frente a la presión sobre los recursos naturales. Estos temas revelan la urgencia de comprender los ecosistemas de manera integrada, reconociendo sus dimensiones biológicas, sociales, económicas y culturales.

La presencia de estudios sobre ambientes costeros, manglares, recursos hídricos y contaminación evidencia la importancia del monitoreo ambiental y de la producción de datos científicos para orientar políticas públicas, prácticas comunitarias y estrategias de conservación. Al mismo tiempo, la discusión sobre soluciones sostenibles, como sistemas hidropónicos de bajo costo e iniciativas de gestión ambiental, apunta a la necesidad de integrar ciencia, educación, tecnología y participación social en la construcción de respuestas frente a los desafíos ecológicos contemporáneos.

En conjunto, los capítulos de este primer volumen muestran que las ciencias biológicas y sus tecnologías son fundamentales para comprender las relaciones entre vida, ambiente y sociedad. Las investigaciones aquí reunidas revelan que los fenómenos biológicos no pueden pensarse de forma aislada, pues están profundamente conectados con las formas de producción, consumo, cuidado, educación, innovación y gestión de los recursos naturales. Esta perspectiva integradora resulta especialmente importante en un

contexto en el que los problemas ambientales y sanitarios exigen respuestas científicas sólidas, interdisciplinarias y socialmente comprometidas.

Así, ***Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias*** propone una lectura que parte de la salud y los biomarcadores, avanza hacia los productos naturales y las aplicaciones biotecnológicas de los recursos biológicos, y culmina en las discusiones ambientales y socioecológicas. Esta trayectoria permite reconocer la vitalidad del campo biológico, tanto en su dimensión experimental y aplicada como en su capacidad de contribuir a prácticas más sostenibles, inclusivas y responsables.

Esperamos que este primer volumen contribuya al diálogo entre investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en las ciencias biológicas y en sus interfaces tecnológicas. Que los estudios aquí reunidos inspiren nuevas investigaciones, fortalezcan prácticas científicas comprometidas con la vida y amplíen los horizontes de actuación de las ciencias biológicas frente a los desafíos ambientales, sociales y tecnológicos de nuestro tiempo.

**Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz**

*Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa*

**México**

## SUMARIO

### SALUD, BIOMARCADORES Y FORMACIÓN EN CONTEXTOS BIOMÉDICOS

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

MICRONÚCLEOS: DE LA CINÉTICA DE FORMACIÓN A SUS APLICACIONES EN NUTRICIÓN Y AMBIENTE

Rocío Ortiz Muñiz

Elsa Cervantes Ríos

Pedro Morales Ramírez

Virginia Cruz Vallejo

Juana Sánchez-Alarcón

Rafael Valencia-Quintana

Edith Cortés Barberena

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260931](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260931)

#### **CAPÍTULO 2..... 21**

EL CURRÍCULUM OCULTO Y SUS EFECTOS EN LAS ESCUELAS DE ODONTOLOGÍA

Elsa Gabriela Chávez-Guajardo

Gloria Martha Álvarez Morales

Joana Etzel Rodríguez Raudales

Claudia H. Maldonado-Tapia

Carla Sofía Padilla-Arellano

Nelly Alejandra Rodríguez Guajardo

Jesús Rivas Gutiérrez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260932](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260932)

### BIOTECNOLOGÍA, PRODUCTOS NATURALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS

#### **CAPÍTULO 3..... 36**

EFFECTO DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN POR ULTRASONIDO DE FENOLES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL APIO (*Apium graveolens*)

Gisela Palma-Orozco

Lorena Marian Calles-Soriano

Cybellé Darian García-Mancera

Carlos Orozco-Álvarez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260933](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260933)

**CAPÍTULO 4..... 49**

CAPSAICIN CONTENT AND ANTIOXIDANT CAPACITY IN DIFFERENT MATURITY STATES OF HABANERO PEPPER (*Capsicum chinense* Jacq.)

Gisela Palma-Orozco  
América Belém Ugalde-Herrera  
Víctor Ouseiri Díaz-Castañón  
Carlos Orozco-Álvarez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260934](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260934)

**CAPÍTULO 5..... 58**

HIDROLATO DE LIMONARIA (*Cymbopogon citratus*) COMO DESINFECTANTE ARTESANAL SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA LA HIGIENE DOMÉSTICA

Juan Carlos Llanes Carvajal  
Miller Sánchez Balaguera  
Andrea Catalina Escalante Rico

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260935](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260935)

**AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y SOSTENIBILIDAD SOCIOECOLÓGICA**

**CAPÍTULO 6..... 68**

“PUERTO RICO BRILLA NATURALMENTE” REDUCE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: IMPACTOS SOCIOECOLÓGICOS, MARCO REGULATORIO Y ESTRATEGIAS DE GESTIÓN COMUNITARIA

Elizabeth Padilla-Rodríguez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260936](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260936)

**CAPÍTULO 7.....82**

HIDRONOMÍA: DIAGNÓSTICO DE LA CRISIS AGRÍCOLA POR SEQUÍA EN TAMAULIPAS (2023-2025) Y FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO CON PERTINENCIA CULTURAL EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA

Lucio Alberto San Pedro Acevedo  
Hilario Rafael Martínez Flores  
Nora Armenia Torres Mariño  
Valeria Isabel Vargas Olvera  
Emanuel León Estrada

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260937](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260937)

**CAPÍTULO 8..... 98**

ABUNDÂNCIA DE PEIXES TELEÓSTEOS EM UM MANGUEZAL DA RAPOSA, ILHA DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL

Maria do Socorro Saraiva Pinheiro

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260938](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260938)

**CAPÍTULO 9..... 114**

PRESENCIA Y CARACTERIZACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN PLAYAS DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR

Osmel Alberto Sánchez Granados

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3006260939](https://doi.org/10.37572/EdArt_3006260939)

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 130**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 131**

# CAPÍTULO 7

## HIDRONOMÍA: DIAGNÓSTICO DE LA CRISIS AGRÍCOLA POR SEQUÍA EN TAMAULIPAS (2023-2025) Y FUNDAMENTOS DE UN SISTEMA HIDROPÓNICO CON PERTINENCIA CULTURAL EN ESCUELAS DE EDUCACIÓN BÁSICA COMO SOLUCIÓN PROPUESTA<sup>1</sup>

Data de submissão: 05/05/2026

Data de aceite: 22/05/2026

### Lucio Alberto San Pedro Acevedo

Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Madero  
Departamento de Ingeniería  
Química y Bioquímica  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
<https://orcid.org/0009-0000-4059-7380>

### Hilario Rafael Martínez Flores

Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Madero  
Departamento de Ingeniería  
Química y Bioquímica  
Presidente de Academia de  
Ingeniería Ambiental  
Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
<https://orcid.org/0009-0004-5965-3521>

### Nora Armenia Torres Mariño

Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Madero  
Departamento de Ingeniería  
Química y Bioquímica  
Jefe de Laboratorio de  
Ingeniería Ambiental  
Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
<https://orcid.org/0009-0007-8845-5956>

### Valeria Isabel Vargas Olvera

Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Madero  
Departamento de Ciencias  
Económico-Administrativas  
Programa de Ingeniería en  
Gestión Empresarial  
Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
<https://orcid.org/0009-0006-9637-4868>

### Emanuel León Estrada

Tecnológico Nacional de México  
Campus Ciudad Madero  
Departamento de Ingeniería  
Química y Bioquímica  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Ciudad Madero, Tamaulipas, México  
<https://orcid.org/0009-0006-2173-1146>

<sup>1</sup> Este capítulo es producto del proyecto 'Hidronomía', desarrollado en el marco de la incubadora de proyectos 'Maestros que dejan Huella' de iLab (2024-2025). Una versión preliminar de este trabajo fue presentada en el Encuentro de Jóvenes Investigadores de Tamaulipas 2024 (COTACYT), donde obtuvo reconocimiento como trabajo más destacado en el Área de Economía del Bienestar, así como en el XIV Taller Estudiantil Internacional sobre Medio Ambiente (TEIMA 2024), celebrado en Costa Rica, donde mereció mención especial.

**RESUMEN:** El estado de Tamaulipas enfrenta una crisis agrícola estructural exacerbada por sequías recurrentes. La presente investigación diagnóstica semicuantitativa describe la evolución de la sequía y su impacto en la

producción agrícola entre 2023 y 2025, tomando como referencia la población de la zona conurbada del sur de Tamaulipas. Se analizaron datos del Monitor de Sequía en México (MSM) e indicadores macroeconómicos que describen la tendencia de la producción del sector primario. Los resultados del Índice de Volumen Físico (IVF) del Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAEE) muestra una contracción del 58.4% entre el primer y tercer trimestre del 2025, y el MSM una intensificación de la sequía a niveles extremos durante el periodo 2023-2024. A pesar de una recuperación parcial en el cuarto trimestre del año pasado y la reducción aparente de sequía en la región, la producción anual se mantuvo un 15.5% por debajo del nivel base (2018 = 100). En respuesta, se propone “Hidronomía”, un sistema hidropónico de bajo costo que aprovecha agua de condensación de aires acondicionados y captación pluvial, integrando un componente de educación integral que vincula la sustentabilidad, la nutrición y la culturalización huasteca para contrarrestar la inseguridad alimentaria que amenaza la integridad de las familias en la zona conurbada. Se concluye que la vulnerabilidad del sector primario exige soluciones descentralizadas y resilientes que aprovechen recursos hídricos no considerado para la creación de nodos de producción agrícola que fomenten la participación integral de las comunidades escolares, sentando las bases para futuras investigaciones que validen el impacto de Hidronomía mediante un proyecto piloto en escuelas de educación básica.

**PALABRAS CLAVE:** hidroponía; sequía; inseguridad alimentaria; Tamaulipas; innovación social solidaria.

## HIDRONOMÍA: DIAGNOSIS OF THE AGRICULTURAL CRISIS DUE TO DROUGHT IN TAMAULIPAS (2023-2025) AND FUNDAMENTALS OF A CULTURALLY RELEVANT HYDROPONIC SYSTEM IN ELEMENTARY EDUCATION SCHOOLS AS A PROPOSED SOLUTION

**ABSTRACT:** The state of Tamaulipas faces a structural and agricultural crisis exacerbated by recurring droughts. This semi-quantitative diagnostic research describes the evolution of droughts and its impact on agricultural production between 2023 and 2025, focusing on the population living in the southernmost region of Tamaulipas as a reference. Data obtained from Mexico’s Drought Monitor and macroeconomic indicators describing production trends in the primary sector were analyzed. Results from the Physical Volume Index of the Quarterly Indicator of State Economic Activity (ITAEE for its Spanish acronym) show a contraction of 58.4% between the first and third quarters of 2025, while the Monitor reveals an intensification of drought to extreme levels during 2023 and 2024. Despite a partial recovery in last year’s fourth quarter and an apparent reduction in drought conditions in the region, annual production remained 15.5% below the baseline (2018 = 100). In response to this, the present study proposes “Hidronomía”, a low-cost hydroponic system that harnesses rain and condensation water from air conditioning units, integrating a comprehensive educational component that links sustainability, nutrition and Huastec civilization culture to create awareness and counter food scarcity that threaten the well-being of families within the region. It’s concluded that the vulnerability shown by the ITAEE concerning the primary sector calls for decentralized and resilient solutions that leverage overlooked water resources to create agricultural production nodes; fostering active participation of school communities and laying the groundwork for future

research that could validate possible positive impacts of hydroponic systems arranged within elementary schools throughout Tamaulipas.

**KEYWORDS:** hydroponics; drought; food insecurity; Tamaulipas; social solidarity innovation.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y su relación con la inseguridad alimentaria constituye uno de los desafíos más persistentes del siglo XXI. Se han intensificado en las últimas décadas diversos fenómenos hidrometeorológicos, como las sequías, que afectan la disponibilidad de agua para consumo humano y producción de bienes del sector primario. Afectan directamente la agricultura, limitando la calidad del suelo y ocasionando estrés hídrico en países y regiones donde ésta sigue siendo la base de la producción de alimentos.

Bajo este contexto, seguridad alimentaria se entiende por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura como el acceso regular a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos para llevar una vida activa y saludable (FAO, 2011); y se han documentado incrementos sostenidos en los niveles de inseguridad alimentaria globalmente con énfasis en América Latina y el Caribe, donde se contribuye con 6% de las pérdidas de alimentos en el mundo (Pérez Vazquez et al., 2018).

Esta dinámica global es contextualizable a contornos críticos en México. Según el Monitor de Sequía de México (MSM) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en los últimos años se han experimentado en grandes extensiones del país condiciones de sequía que van de moderadas a excepcionales (Lobato-Sánchez, 2016). El sector agrícola mexicano ha sufrido pérdidas recurrentes en su producción por esto, afectando la disponibilidad y el precio de alimentos básicos como el maíz, frijol, tomate y chile (SADER, 2025).

El estado de Tamaulipas, ubicado al noreste de México, paradójicamente cuenta con infraestructura estratégica para el comercio exterior, y un notable desarrollo industrial –particularmente en el sector maquilador (INEGI, 2023)–; pero su población enfrenta escasez de agua. El MSM, al 31 de mayo de 2024, describe que 42 de sus 43 municipios presentaban algún grado de sequía con temperaturas que superaban los 45°C. En diversas colonias de la zona conurbada del sur de Tamaulipas –integrada por Altamira, Tampico y Cd. Madero– hubo desabasto de agua por semanas, ocasionando una de las peores crisis hídricas de los últimos 80 años (Rangole, 2025).

Aunque esta región favorece el uso de aires acondicionados durante casi todo el año por la constante sensación térmica elevada y la alta humedad, existe concurrencia de crisis hídricas que amedrentan el bienestar poblacional. La precipitación media anual

es de 1,137.1 mm, con temporadas de lluvias concentradas entre junio y octubre (Servicio Meteorológico Nacional, 2016), e históricamente, tiene una de las humedades relativas más altas de México frecuentemente superando el 70-80% debido a su ubicación costera y vasto sistema lagunario que le rodea (Capel Molina, s.f.).

No obstante, en los últimos años, la conducta pluvial está marcada por lluvias torrenciales atípicas (tormenta “Alberto”) ocasionando incapacidad de absorber eficientemente el recurso, exacerbando ciclos de sequía severa, y provocando inundaciones repentinas que saturan el suelo y desperdician el agua, en lugar de generar una recarga hídrica estable (Acosta, 2025).

Si bien la magnitud e impacto en el sector productivo pueden cuantificarse mediante análisis de fuentes oficiales, paradójicamente la economía de Tamaulipas mostró una relativa estabilidad durante los años 2023 al 2025 a pesar de las contingencias hídricas. El Índice de Volumen Físico (IVF) –el cual es un indicador económico que mide la evolución real de la producción (agropecuaria o manufacturera) a precios constantes y eliminando el efecto de la inflación (SADER, 2025)– se mantuvo en torno a 107 puntos (base 2018=100).

Sin embargo, el sector primario, particularmente la agricultura, sufrió un colapso sin precedentes los primeros tres trimestres del 2025. Según datos del INEGI (s.f.), el Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAE) mostró una contracción en la producción del sector primario en Tamaulipas. La agricultura sufrió una caída aún más severa en el mismo periodo, y aunque para el cuarto trimestre se mostró una recuperación parcial, los promedios anuales del sector primario y de la agricultura se mantuvieron por debajo del nivel base.

La producción anual no logró recuperar los niveles previos a la crisis, mostrando un comportamiento similar al del 2024 pero con una volatilidad extrema interanual. Esta crisis productiva puede asociarse directamente con la sequía extrema que ha sufrido Tamaulipas en los últimos 6 años, ya que el MSM muestra una intensificación progresiva de sequía desde el 2020 alcanzando su punto crítico (D3 en la escala de intensidad del MSM) entre febrero y junio de 2024.

Ante este diagnóstico, emerge la necesidad de soluciones descentralizadas, resilientes y culturalmente pertinentes. Independientemente de cómo se produzcan los alimentos, se tendrá que producir más por unidad de tierra, agua, energía, y agroquímicos, buscando reducir el impacto ambiental durante la producción. En respuesta, se propone la implementación de sistemas hidropónicos de bajo costo, diseñados específicamente para escuelas de educación básica que incorporen un modelo educativo integral que vincule la culturalización huasteca, la sustentabilidad y la nutrición.

El sistema busca aprovechar dos fuentes gratuitas de agua: la condensación generada por aires acondicionados y la captación pluvial (como fuente secundaria), con el fin de crear nodos de producción agrícola para las comunidades escolares en la zona conurbada. El capítulo tiene entonces por objeto exponer la correlación entre la intensificación de la sequía y el desplome de la producción del sector primario en Tamaulipas. Asimismo, busca dejar explícitamente planteada la necesidad de futuras investigaciones para validar empíricamente el impacto que un proyecto piloto (HIDRONOMÍA) tendría al implementarse en escuelas de educación básica, midiendo indicadores de producción de alimentos, ahorro de agua, mejora en conocimientos de alumnos y apropiación comunitaria.

## 2. METODOLOGÍA

La presente investigación adopta un enfoque semi-cuantitativo de tipo diagnóstico-propositivo. El componente cuantitativo busca medir y describir la evolución de la sequía y su impacto en la producción agrícola en Tamaulipas mediante análisis de fuente oficiales (INEGI, CONAGUA). El componente cualitativo, por su parte, complementa el análisis al recabar información sobre la percepción de inseguridad alimentaria por medio de una encuesta digital y una entrevista semiestructurada, presencial, grabada con consentimiento y transcrita textualmente para fundamentar el diseño pedagógico-cultural de la solución.

El universo de estudio se circunscribe a la zona conurbada del sur de Tamaulipas –municipios de Altamira, Tampico y Ciudad Madero–, pero se realiza el análisis de datos macroeconómicos a nivel estatal por la disponibilidad de la información. El estudio se clasifica como exploratorio- aplicado en su fase cualitativa al explorar percepción, usos y costumbres para derivar en soluciones tecnológicas con pertinencia cultural, mientras que en su fase cuantitativa puede clasificarse como descriptivo-correlacional al describir tendencias y asociarlas temporalmente a dos fenómenos: la sequía y la caída productiva.

### 2.1. DIAGNÓSTICO CUANTITATIVO DE LA CRISIS AGRÍCOLA

El MSM proporciona quincenalmente información sobre las condiciones de sequía en cada municipio del país. De este monitor se extrajeron los niveles de intensidad de sequía para los municipios de la zona conurbada durante el periodo 2023-2026, utilizando la escala oficial que clasifica la sequía en categorías que van desde D0 (anormalmente seco) hasta D4 (sequía excepcional). Se obtuvo el *Excel*® del MSM que contiene los municipios afectados por alguna condición de sequía, se aislaron las

celdas que representan al estado de Tamaulipas y se asignaron valores numéricos estandarizados a cada celda para una mejor gestión de datos.

El MSM (CONAGUA, 2026) permitió observar el panorama completo de los 43 municipios del estado de Tamaulipas y se diseñaron las Gráficas 1 y 2 presentadas en la sección de resultados de esta investigación. La escala oficial de clasificación de sequía que maneja CONAGUA se estandarizó de la siguiente manera: 0 = sin sequedad, 1 = D0 (anormalmente seco), 2 = D1 (moderado), 3 = D2 (severo), 4 = D3 (extremo), 5 = D4 (excepcional); permitiendo construir los gráficos y mostrando la tendencia de sequía a nivel estatal.

Por otra parte, del ITAEE se extrajeron los IVF (base 2018=100) y las Variaciones Porcentuales Anuales (VPA) de las Actividades Primarias Totales y del subsector “Agricultura, cría y explotación de animales” en el estado de Tamaulipas correspondientes a los trimestres de los años 2023, 2024 y 2025. Se realizó una desagregación de los indicadores del subsector para diferenciar entre actividades agrícolas y pecuarias. Se definió la participación porcentual de la agricultura en el subsector en 67.5%, mientras que la ganadería representa el 32.5% restante, proporciones derivadas de la composición del Valor Agregado Bruto (VAB) estatal reportado en las Cuentas Nacionales (INEGI, 2016).

Se estableció un supuesto empírico fundamental a partir de análisis históricos del INEGI para periodos de sequía previos (2011-2012, 2017-2018) que describen menor volatilidad de la ganadería en comparación con la agricultura frente a eventos de sequía (INEGI, 2023). Se estimó el IVF como el 85% del IVF del subsector en periodos de crisis, y su VPA se aproximó aplicando factores de corrección de +4.0 puntos porcentuales cuando la VPA del subsector era negativa (la ganadería cae menos que la agricultura) y de -5.0 puntos cuando era positiva (la ganadería se recupera con menor intensidad).

La participación de la agricultura en el valor agregado del sector primario de Tamaulipas se ha estimado en aproximadamente dos tercios del total, consistente con las estructuras de producción regional reportadas en la literatura especializada (Langle-Flores, 2024) y una vez estimadas las series de ganadería, se despejaron los valores correspondientes a la agricultura (Ecuación 2) mediante la ecuación de promedio ponderado (Ecuación 1). Se es consciente que esta aproximación introduce un margen de error mínimo, pero no afecta las conclusiones principales del estudio dadas las magnitudes de las caídas documentadas (superiores al 60% en el IVF agrícola).

Ecuación 1. Ecuación de promedio ponderado.

$$IVF\_Subsector = (0.675 \times IVF\_Agricultura) + (0.325 \times IVF\_Ganadería)$$

Ecuación 2. Ecuación de promedio ponderado para IVF de Agricultura.

$$IVF_{Agricultura} = (IVF_{Subsector} - 0.325 \times IVF_{Ganadería}) / 0.675$$

## 2.2. PERCEPCIÓN DE INSEGURIDAD ALIMENTARIA E INSERCIÓN CULTURAL

La encuesta se elaboró en *Google Forms*<sup>®</sup> y se distribuyó durante septiembre de 2024 cuando más vulnerable se encontraba la zona conurbada por la contingencia hídrica a adultos padres de familia con hijos entre 6 y 15 años. El tamaño de la muestra se calculó con base en la población total de estudiantes de nivel primaria y secundaria en los municipios de Altamira, Tampico y Madero, que ascendía a 105,044 individuos según el Anuario de Estadística Educativa del Estado de Tamaulipas correspondiente al ciclo escolar 2022-2023. Se estableció un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, arrojando un tamaño muestral mínimo de 384 encuestas.

Se estructuró en dos bloques. El primero recabó datos demográficos, incluyendo municipio y colonia de residencia, y el segundo abordó dimensiones de la inseguridad alimentaria con base en la Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria (FIES) de la FAO (2014). Las preguntas incluyeron: frecuencia de sensación de hambre (escala 1 al 5), incertidumbre sobre capacidad de obtener alimentos (cualitativa), omisión de comidas por falta de recursos (sí/no), frecuencia de omisión de comidas (escala del 1 al 5), y factores percibidos como limitantes (opción múltiple más respuesta abierta).

La dimensión cultural del proyecto se fundamentó con la entrevista realizada el 6 de octubre de 2024 a Jorge de la Peña (alias “el Cuentacuentos”) quien fue seleccionado por su trayectoria en la promoción de usos y costumbres de la región huasteca, así como por su conocimiento directo de las tradiciones agrícolas vinculadas a la milpa, el maíz y las celebraciones de siembra y cosecha. La entrevista tuvo duración de aproximadamente 45 minutos, se condujo en las instalaciones del Vivero Didáctico Municipal de Tampico, donde trabaja, y se documentaron las especies cultivadas exitosamente en sistemas sin suelo.

El análisis de la entrevista permitió identificar las categorías recurrentes que posteriormente alimentaron el diseño pedagógico-cultural de la solución, y las observaciones documentadas presentes en el vivero permitieron validar la viabilidad técnica de la hidroponía en el contexto local.

## 3. RESULTADOS

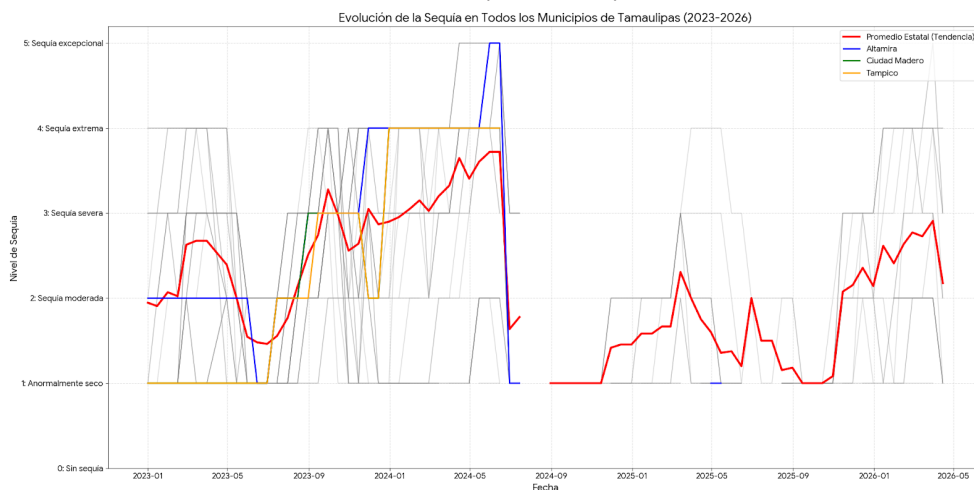
Los resultados se presentan a continuación en tres bloques complementarios. El primero describe la evolución de la sequía en la zona de estudio según el MSM. El segundo

presenta las tendencias del IVF y la VPA del sector primario en perspectiva con el sector agrícola en Tamaulipas. El tercero expone los hallazgos de la encuesta de percepción de inseguridad alimentaria aplicada a la población objetivo y justifica la implementación de sistemas hidropónicos a partir de las especies documentadas por la entrevista.

### 3.1. EVOLUCIÓN DE LA SEQUÍA EN LA ZONA SUR DE TAMAULIPAS (2023-2026)

Se generó la siguiente gráfica de líneas para resaltar la tendencia promedio estatal junto con los tres municipios de la zona conurbada que son objeto de estudio.

Gráfica 1. Evolución de la sequía en Tamaulipas 2023-2026.

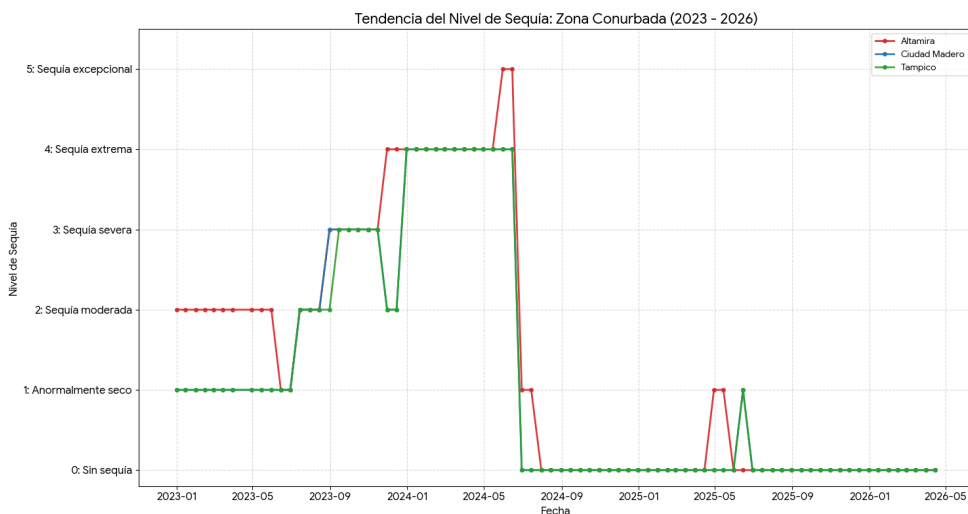


Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA.

Se puede observar que la mayoría de los municipios (líneas grises) siguen una trayectoria similar a la zona conurbada (líneas azul, verde y amarillo), con un punto crítico de sequía severa y extrema durante la primera mitad de 2024. La línea de tendencia (línea roja) muestra que, a nivel estatal, la crisis alcanzó su punto máximo entre abril y junio de 2024, superando el nivel D3 (sequía extrema) de manera generalizada antes de la recuperación masiva en julio del mismo año.

A diferencia de la zona conurbada (Altamira, Madero, Tampico), que se ha mantenido mayormente estable en niveles bajos después de la crisis, el promedio estatal muestra un repunte gradual hacia 2026, lo que indica que otras regiones del estado podrían estar experimentando nuevos ciclos de escasez. No obstante, hay algunas líneas grises que muestran municipios alcanzando la sequía excepcional (D4) incluso antes que Altamira, reflejando una vulnerabilidad geográfica distinta dentro del mismo estado (Gráfica 2).

Gráfica 2. Nivel de sequía en la zona conurbada 2023-2026.



Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA.

Los registros indican que los tres municipios alcanzaron niveles altos de sequía en varios periodos del 2023, y que la crisis hídrica se desarrolló progresivamente. Su evolución es prácticamente idéntica y sincrónica en los tres municipios de la zona sur, y un patrón de afectación compartida, en perspectiva con la tendencia que se visualiza en la Gráfica 1. Ambas gráficas demuestran que es un problema regional, no localizado, y con necesidad de soluciones resilientes e independientes de las redes de suministro.

### 3.2. TENDENCIAS DEL IVF Y VPA DEL SECTOR AGRÍCOLA

El análisis del ITAEE del INEGI permitió cuantificar el impacto de la sequía en la producción agrícola. La Tabla 1 presenta los valores del IVF y la VPA para el subsector objetivo en Tamaulipas, así como la estimación desagregada para la actividad agrícola (siembra y cosecha).

Tabla 1. IVF y VPA del sector agrícola en Tamaulipas 2023-2025.

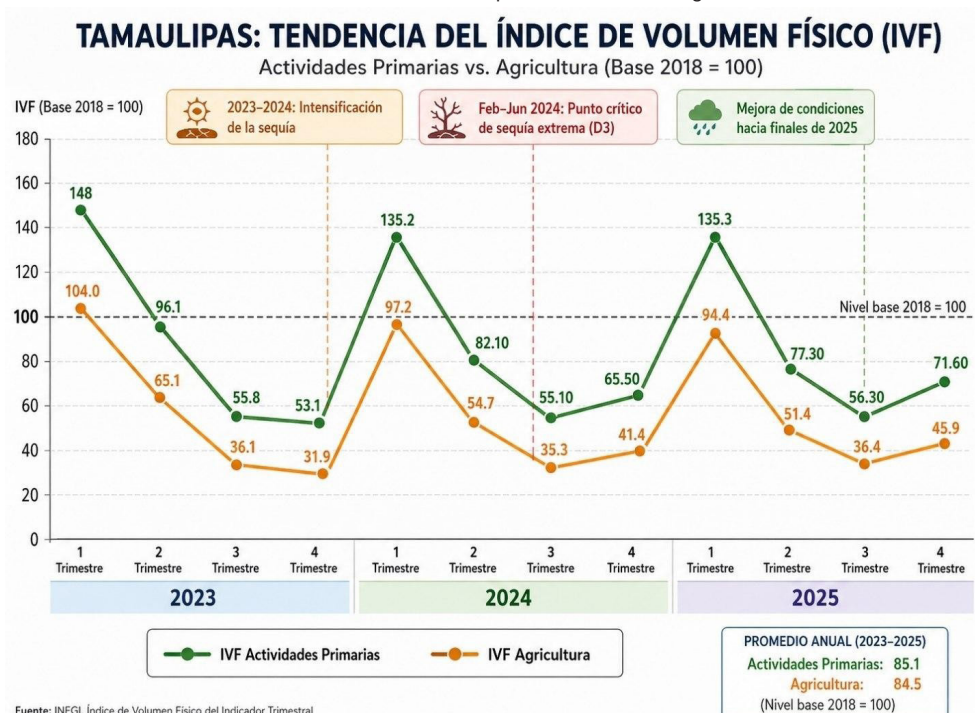
Período	IVF Subsector (Dato Real)	IVF Agricultura (Estimado 67.5%)	VPA Subsector (Dato Real)	VPA Agricultura (Estimada)
2023 T1	154.0	104.0	-6.0	-7.9
2023 T2	96.4	65.1	-4.7	-6.6
2023 T3	53.5	36.1	-28.0	-29.9
2023 T4	47.3	31.9	-23.9	-25.8
2024 T1	144.0	97.2	-9.1	-11.0
2024 T2	81.1	54.7	-15.9	-17.8
2024 T3	52.3	35.3	-2.3	-4.2
2024 T4	61.4	41.4	29.8	32.2
2025 T1	139.9	94.4	-0.1	-2.0
2025 T2	76.2	51.4	-6.1	-8.0
2025 T3	53.9	36.4	3.0	1.1
2025 T4	68.0	45.9	10.7	13.1
Promedio 2023	87.8	59.3	-15.7	-17.6
Promedio 2024	84.7	57.2	0.6	-0.2
Promedio 2025	84.5	57.0	1.9	1.1

Fuente: Elaboración propia con datos del ITAEE (INEGI).

Los resultados muestran un patrón estacional consistente en los tres años analizados tal como se muestra en la Gráfica 3: un pico de producción en el primer trimestre (asociado a cultivos de ciclo primavera-verano), seguido de un desplome en el segundo trimestre, una caída adicional en el tercero, y una recuperación parcial en el cuarto. Entre el primer y tercer trimestre de 2025, el IVF del subsector se contrajo un 58.4%, pasando de 139.9 a 53.9 puntos; la agricultura estimada sufrió una caída aún más severa del 61.5%, de 94.4 a 36.4 puntos.

A pesar de la recuperación observada en el cuarto trimestre de 2025 (IVF agricultura de 45.9, un 26.1% superior al tercer trimestre), los promedios anuales se mantuvieron significativamente por debajo del nivel base. El promedio anual de IVF agricultura fue de 59.3 en 2023, 57.2 en 2024 y 57.0 en 2025, lo que representa una producción agregada entre un 40% y un 43% inferior al año base. La Gráfica 3 muestra visualmente estas tendencias comparado de las actividades primarias totales vs. el sector agrícola.

Gráfica 3. Tendencia IVF en Tamps: Act. Primarias vs. Agricultura.



Fuente: Elaboración propia con datos del ITAEE (INEGI).

La VPA, por otro lado, muestra la tendencia interanual. La agricultura registró caídas extremas en el tercer trimestre de 2023 (-29.9%) y en el segundo trimestre de 2024 (-17.8%). El cuarto trimestre de 2024 mostró una recuperación excepcional (+32.2%), mientras que el cuarto trimestre de 2025 también fue positivo (+13.1%). Sin embargo, los promedios anuales de VPA para la agricultura fueron negativos en 2023 (-17.6%), prácticamente nulos en 2024 (-0.2%), y ligeramente positivos en 2025 (+1.1%), lo que indica que, en términos agregados, la producción agrícola no ha logrado recuperar los niveles previos a la crisis. En la Gráfica 4 se visualiza este comportamiento.

Gráfica 4. Tendencia VPA en Tamps: Act. Primarias vs. Agricultura.

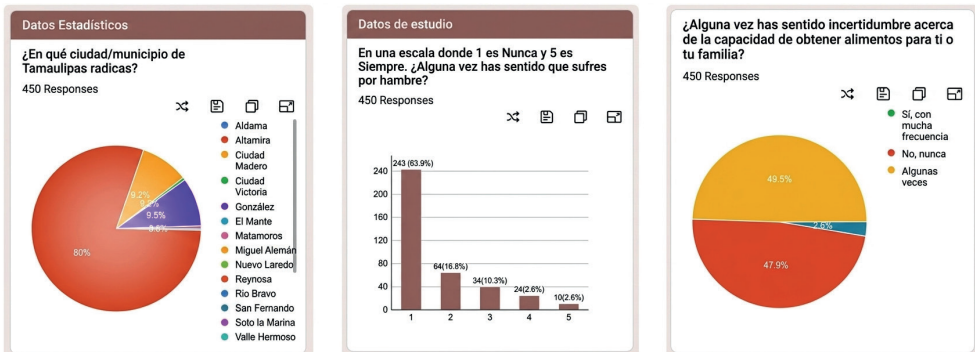


Fuente: Elaboración propia con datos del ITAEE (INEGI).

### 3.3. PERCEPCIÓN DE INSEGURIDAD ALIMENTARIA Y PÉRDIDA DE CULTURALIDAD

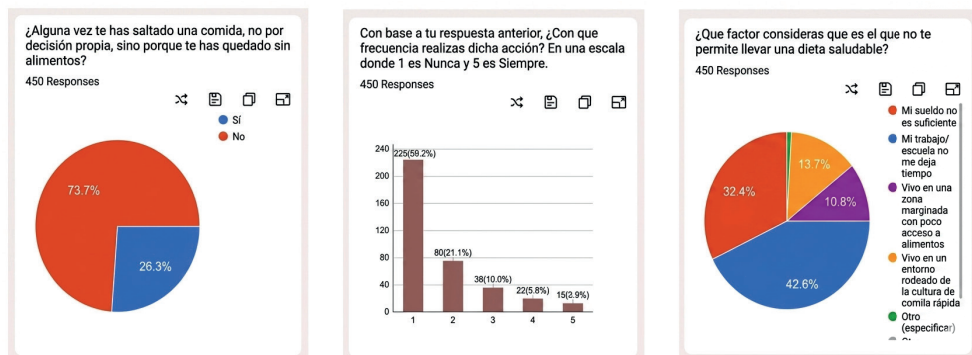
Se buscó realizar la encuesta a 384 personas de la zona conurbada y se obtuvieron 450 respuestas validadas, superando el mínimo requerido. La figura 1 y 2 exponen los principales hallazgos.

Figura 1. Resultados de la encuesta de percepción de inseguridad alimentaria.



Fuente: Encuesta propia, 2024. n=450.

Figura 2. Resultados de la encuesta de percepción de inseguridad alimentaria.



Fuente: Encuesta propia, 2024. n=450.

Los resultados muestran que la mayoría de los encuestados (63.9%) nunca ha sentido hambre; un porcentaje, no obstante, no despreciable (8.9%) reportó hacerlo con frecuencia (valores 4 y 5). Más relevante aún, el 52.1% de los encuestados manifestó haber sentido incertidumbre sobre su capacidad para obtener alimentos (49.5% “algunas veces” y 2.6% “con mucha frecuencia”), y el 26.3% afirmó haberse saltado alguna comida por falta de los mismos. De estos, el 21.1% reportó que esta omisión ocurre con alguna frecuencia (valores 2 a 5 en la escala), y en cuanto a factores limitantes para dieta saludable, el 42.6% señaló que su sueldo no es suficiente, seguido por la falta de tiempo (32.4%) y el entorno de comida rápida (13.7%).

Con base en la Escala FIES de la FAO que se muestra en la Figura 3, la combinación de incertidumbre sobre el acceso a alimentos (52.1%) y omisión de comidas por falta de recursos (26.3%) ubica a una proporción significativa de la población encuestada en un nivel de inseguridad alimentaria moderada, caracterizado por incertidumbre sobre la capacidad para obtener alimentos y compromisos en la calidad o cantidad de la dieta.

Figura 3. Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria (FIES).



Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO).

Asimismo, la entrevista con Jorge de la Peña permitió identificar tres categorías centrales en torno a la relación entre cultura alimentaria y sistemas de cultivo. En primer lugar, el informante describió prácticas tradicionales heredadas de sus abuelas y madre, como la siembra de tomatillo de monte, el aprovechamiento de semillas de frutos maduros y la elaboración de condimentos caseros a partir de cultivos de traspatio. Estas prácticas garantizaban, según relató, alimentos nutritivos y de bajo costo, y fortalecían la autonomía familiar frente a productos industrializados.

En segundo lugar, De la Peña señaló la pérdida progresiva de estas tradiciones, atribuyéndola a la industrialización, vergüenza de los orígenes, y la comercialización estilizada de elementos culturales (como ocurre con la película *Coco* de Disney®). Destacó que celebraciones como el Día del Maíz (29 de septiembre) y el Xantolo se han debilitado, y con ellas, las danzas de siembra y cosecha que acompañaban el ciclo agrícola. Finalmente, en tercer lugar, el entrevistado vislumbró en la hidroponía una oportunidad para recuperar estos saberes en contextos urbanos donde la tierra es limitada, al permitir que las familias cultiven sus propios alimentos y, con ello, tengan motivos para recrear cantos, danzas y rituales.

#### 4. CONCLUSIONES

El presente capítulo tuvo como objetivo presentar un diagnóstico de la actividad agrícola en Tamaulipas, la influencia que ha tenido la sequía en los pasados tres años, y el fundamento técnico-pedagógico de instalar sistemas hidropónicos que capten agua de fuentes alternas para solucionar problemas presentes en la zona conurbada y en Tamaulipas.

Los hallazgos obtenidos muestran que la sequía no fue un evento aislado en el 2024, sino una condición de estrés hídrico crónico y recurrente que se extendió a lo largo de todo el periodo 2023-2025. El análisis histórico del MSM reveló la presencia de niveles de sequía excepcional (D4) ya en 2023, así como la persistencia de condiciones severas y extremas. Contrario a la narrativa de una “mejora significativa” hacia 2026, los datos muestran que los períodos sin sequía o con condiciones anormalmente secas (D0) son breves y excepcionales dentro de un ciclo de afectación recurrente.

Por otra parte, el sector agrícola de Tamaulipas mostró una vulnerabilidad estructural extrema ante la variabilidad climática. La estabilidad de los promedios anuales, a pesar de la volatilidad trimestral, indica que el sector agrícola ha encontrado un nuevo equilibrio a un nivel de producción significativamente reducido, lo que se traduce en una menor disponibilidad de alimentos de origen local.

Finalmente, la percepción de inseguridad alimentaria es consistente con los datos macroeconómicos. Estos resultados ubican a una porción significativa de la población de la zona conurbada del sur de Tamaulipas en un nivel de inseguridad alimentaria moderada, caracterizada por la incertidumbre sobre el acceso a alimentos y compromisos en la calidad o cantidad de la dieta.

La pérdida de tradiciones alimentarias es paralela a la crisis productiva. Aunque el informante señaló que la industrialización juega un papel relevante en la forma en cómo nos alimentamos en la actualidad, dejó entrever que la hidroponía sería una oportunidad ante las limitaciones del contexto urbano. Con estas bases diagnósticas, la implementación de “Hidronomía” requiere futuras investigaciones que validen empíricamente su impacto al construir un prototipo piloto en al menos una escuela y monitorear indicadores clave como producción de alimentos, ahorro de agua, calidad del agua, mejora en conocimientos de alumnos, y nivel de apropiación por parte de la comunidad.

La convergencia de sequías recurrentes, colapso de la producción agrícola y percepción generalizada de inseguridad alimentaria en la zona sur de Tamaulipas evidencia la urgente necesidad de repensar los sistemas de producción de alimentos. Hidronomía no es una panacea, pero constituye una respuesta plausible, fundamentada y culturalmente situada que merece ser probada, validada, demostrada, y escalada como política pública. El presente capítulo ha cumplido con su objetivo de diagnosticar la crisis y presentar la solución; el siguiente paso – la implementación del piloto – será el verdadero campo de prueba de su viabilidad y su impacto.

## REFERENCIAS

Acosta, P. (2025, octubre 11). Zona sur de Tamaulipas al borde del desborde en caso de más lluvias. Expreso de Tamaulipas. <https://expreso.press/2025/10/11/zona-sur-de-tamaulipas-al-borde-del-desborde-en-caso-de-mas-lluvias/>

Capel Molina, J. J. (s.f.). *La humedad relativa en los Estados Unidos Mexicanos*. (pp.175–190).<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1381146.pdf>

CONAGUA. (2024). Monitor de Sequía de México al 31 de mayo de 2024.<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20240531.pdf>

CONAGUA. (2026). Monitor de Sequía de México al 15 de abril de 2026. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20260415.pdf>

FAO. (2011). Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. <https://www.fao.org/4/al936s/al936s00.pdf>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y Programa Mundial de Alimentos (PMA) 2014. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2014: fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma, FAO . 62 p. <http://www.fao.org/3/a-i4030s.pdf>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Actividades económicas. Tamaulipas. Cuéntame de México. Recuperado de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tam/economia/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Indicador Trimestral de la Actividad Económica Estatal (ITAEE). Año base 2018. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/programas/itaee/2018/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SIAN 2023. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/889463909675.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463909675.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s. f.). Indicador trimestral de la actividad económica estatal (ITAEE). <https://www.inegi.org.mx/temas/itaee/>

Langle-Flores, M. A. (2024). La economía tamaulipeca mediante un modelo regional de contabilidad social 2018. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 34(63). <https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1442>

Lobato-Sánchez, R. (2016). El monitor de la sequía en México. Tecnología y ciencias del agua, 7(5), 197-211. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000500197](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000500197)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s. f.). Acerca de la escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES). [https://www.fao.org/measuring-hunger/access-to-food/about-the-food-insecurity-experience-scale-\(fies\)/es](https://www.fao.org/measuring-hunger/access-to-food/about-the-food-insecurity-experience-scale-(fies)/es)

Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A., & Gómez Merino, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(1), 175-189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857>

Rangole, I. (2025, mayo 9). Crisis hídrica en Tamaulipas 2024: una historia de sequía extrema y tormenta tropical. El Sol de Tampico | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Tamaulipas y el Mundo. <https://oem.com.mx/elsoldetampico/ciencia-y-salud/crisis-hidrica-en-tamaulipas-2024-una-historia-de-sequia-extrema-y-tormenta-tropical-23198158>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2025). Índice de volumen físico agropecuario: agosto 2025. <https://nube.agricultura.gob.mx/IVF/agosto2025.php>

Secretaría de Educación de Tamaulipas. (2023). Anuario estadístico de la educación 2023. [https://www.tamaulipas.gob.mx/educacion/wp-content/uploads/sites/3/2023/06/anuario-estadistica-educativa\\_2023.pdf](https://www.tamaulipas.gob.mx/educacion/wp-content/uploads/sites/3/2023/06/anuario-estadistica-educativa_2023.pdf)

Servicio Meteorológico Nacional. (2016). \*Normales Climatológicas 1951-2010: Estación 00028111 (Tampico, Tamaulipas)\*. Recuperado el 4 de mayo de 2026, de <https://web.archive.org/web/20160303212344/http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL28111.TXT>

## SOBRE A ORGANIZADORA

La **Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz** es bióloga, maestra y doctora en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 1979 desarrolla actividades académicas y de investigación en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), donde actualmente es Profesora Titular “C” de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Es fundadora y responsable del Laboratorio de Biología Celular y Citometría de Flujo de la UAM-I. Sus principales líneas de investigación son: 1) el estudio de los efectos asociados con la desnutrición y la obesidad, con énfasis en alteraciones celulares, citogenéticas y genómicas; y 2) la aplicación de la citometría de flujo en investigación básica y clínica para el análisis de procesos celulares en diferentes condiciones fisiológicas y patológicas. Ha dirigido proyectos de investigación, tesis de licenciatura y posgrado, y ha contribuido a la formación de recursos humanos especializados en las áreas de nutrición, genética toxicológica, biología celular y citometría de flujo. Sus investigaciones se han centrado en el estudio de la inestabilidad genómica, la genotoxicidad y la evaluación de biomarcadores celulares en modelos experimentales y poblaciones humanas. Ha publicado artículos científicos, capítulos de libro y trabajos de divulgación, además de participar activamente en redes de colaboración académica. Fue Presidenta de la Sociedad Mexicana de Genética durante el periodo 2003–2005 y es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores desde 1986. Actualmente cuenta con el nombramiento de Investigadora Nacional Nivel III.

<https://orcid.org/0000-0003-2501-2916>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abundância 98, 99, 102, 108, 109, 113, 114, 117, 119, 120, 121, 123, 125, 128

Abundancia de microplásticos 114, 117, 119

Actividad antimicrobiana 58, 63, 64, 65, 66

Antioxidant compounds 49, 50, 51

Apio 36, 37, 38, 41, 43, 46, 47

### B

Biodegradable 58, 59, 66

Biodiversidad 68, 69, 72, 74, 78, 80, 116, 124, 127

Biomonitoreo ambiental 2, 10

### C

Capacidad antioxidante 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 57

Caribe 68, 69, 84, 116, 120, 124, 128

Citometría de flujo 2, 5, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20

Contaminación lumínica 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

Contaminación por plásticos 114, 125

Costa de El Salvador 114, 128

Cultura institucional 22

Curriculum oculto 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33

Cymbopogon citratus 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67

### D

Desnutrición 1, 2, 3, 5, 8

### E

Educación superior 22, 23, 26, 34

### F

Formación odontológica 22, 23, 31

### G

Genotoxicidad 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17, 20

Gobernanza ambiental 68

## H

Hidrolato 58, 60, 61, 62, 63, 66

Hidroponía 83, 88, 95, 96

## I

Ictiofauna subequatorial 98

Identidad profesional 22, 34

Inmature 50

Innovación social solidaria 83

Inseguridad alimentaria 83, 84, 86, 88, 89, 93, 94, 96, 97

## M

Maceración 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46, 62

Medio ambiente 59, 60, 82, 114

Micronúcleos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17

Mugilidae 98, 104, 105, 109

## P

Phenolic compounds 48, 49, 50, 51, 54

Política pública 68, 80, 96

Puerto Rico 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 111, 113

## R

Ripe 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

## S

Sedimentos de playa 114, 124

Sequía 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97

Socialización educativa 22

Sostenibilidad 68, 74, 79

## T

Tamaulipas 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 97

## U

Ultrasonido 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 46

