

VOL VII

# Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers  
(Organizador)



EDITORA  
ARTEMIS

2026

VOL VII

# Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers  
(Organizador)



EDITORA  
ARTEMIS

2026



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

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

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

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



Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leiníg Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª M<sup>ª</sup>Graça 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.<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)**

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-08-6

DOI 10.37572/EdArt\_260626086

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

CDD 630

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



## PRÓLOGO

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

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

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

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

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

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

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

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

**Eduardo Eugênio Spers**

Esalq/USP

## SUMÁRIO

### RECURSOS NATURAIS, SUSTENTABILIDADE E SAÚDE AMBIENTAL

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

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

María José de Dios Duarte

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260861](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260861)

#### **CAPÍTULO 2.....25**

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

Catalina Vargas Ramos

Graciela Hernández Moreno

Ma. De la Cruz Galindo Ceja

Alan León González Almaguer

Jorge Alejandro Gallegos de la Cruz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260862](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260862)

### PRODUÇÃO VEGETAL, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

#### **CAPÍTULO 3..... 34**

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

Eliecer Miguel Cabrales Herrera

Laura Sofia Osorio Barcenas

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260863](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260863)

#### **CAPÍTULO 4..... 50**

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

Rosa María Yáñez Muñoz

Juan Manuel Soto Parra

Esteban Sánchez Chávez

Ana Lilia Santana Díaz

Laura Raquel Orozco Meléndez

Ramona Pérez Leal  
Nubia Guadalupe Torres Beltrán  
Julio César Oviedo Mireles

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260864](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260864)

**CAPÍTULO 5..... 69**

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

Dhia Gharabi  
Magheni Benchohra  
Ahmed Bellhabib  
Abdelkarim Hassani

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260865](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260865)

**CAPÍTULO 6.....87**

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

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

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260866](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260866)

**CAPÍTULO 7.....97**

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

Lourdes Mateos-Espejel

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260867](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260867)

**GENÉTICA, BIOTECNOLOGIA E MELHORAMENTO DE CULTIVOS**

**CAPÍTULO 8..... 113**

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

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

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260868](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260868)

**CAPÍTULO 9.....122**

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

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2606260869](https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260869)

**CAPÍTULO 10.....129**

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

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26062608610](https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608610)

**PRODUÇÃO ANIMAL, NUTRIÇÃO E SISTEMAS AQUÍCOLAS**

**CAPÍTULO 11.....136**

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

Elmer Bonilla-Valverde

Juan Manuel Romo-Valdez

Jesús José Portillo-Loera

Ana Mireya Romo-Valdez

Laura Francisca Espinoza-Aguirre

Javier Alonso Romo-Rubio

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26062608611](https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608611)

**CAPÍTULO 12.....162**

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

Jorge Castro Mejía

Germán Castro Mejía

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

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26062608612](https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608612)

**CAPÍTULO 13..... 175**

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

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

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26062608613](https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608613)

**CAPÍTULO 14..... 190**

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

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

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_26062608614](https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608614)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....205**

**ÍNDICE REMISSIVO .....206**

# CAPÍTULO 7

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

Data de submissão: 05/05/2026

Data de aceite: 22/05/2026

**Lourdes Mateos-Espejel**

Facultad de Trabajo Social,

Sociología y Psicología

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Tlaxcala, México

<https://orcid.org/0000-0002-6969-7841>

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es reconceptualizar el modelo de adopción de innovaciones propuesto por Rogers (2003) al considerar a las habilidades digitales como elementos del proceso de difusión de innovaciones de tecnologías pertenecientes a la Agricultura 4.0 como la Inteligencia Artificial [IA] y la Agricultura de Precisión [AP] por parte de agricultores que viven en países en desarrollo. Se considera a este tipo de países por la prominencia de las tecnologías mencionadas en países desarrollados y por la desventaja que genera para los países en desarrollo. Si bien la investigación (Bolfé et al., 2020) ha demostrado que los agricultores de países en desarrollo emplean tecnologías como el internet o aplicaciones móviles, el uso de tecnologías pertenecientes a la Agricultura 4.0 es muy bajo, tanto por la falta o básica estructura de Tecnologías de

Información, como por desconocimiento. Y, aunque las limitantes existen, iniciar desde la parte teórica es un primer paso. De esta forma, la metodología empleada consiste en una revisión integradora de la literatura, en la que se identifica un marco conceptual de los conceptos base, se desarrolla una revisión crítica de los conceptos base y se construye una nueva perspectiva a partir de lo previamente establecido. El resultado y principal contribución es la reconceptualización del modelo de adopción de innovaciones de Rogers (2003) que incorpora el desarrollo de habilidades digitales en la primera etapa del modelo, correspondiente al conocimiento de la innovación; es decir, el momento en que una persona aprende acerca de la innovación y busca información sobre la misma. Finalmente se propone a la comunicación de la ciencia, previo análisis de factibilidad, como un elemento inicial para el desarrollo de habilidades digitales en la agricultura.

**PALABRAS CLAVE:** agricultura; difusión; innovaciones; inteligencia artificial; precisión.

### DEVELOPMENT OF DIGITAL SKILLS IN AGRICULTURE 4.0: OPPORTUNITIES FOR LATIN AMERICA

**ABSTRACT:** The objective of this work is to reconceptualize the Innovation Adoption Model proposed by Rogers (2003) by considering digital skills as elements in the diffusion process of Agriculture 4.0 technologies, such

as Artificial Intelligence [AI] and Precision Agriculture [PA] by farmers living in developing countries. These countries are considered due to the prominence of these technologies in developed countries and disadvantage for developing nations. While research (Bolfe et al., 2020) has shown that farmers in developing countries use technologies such as the internet and mobile applications. However, adoption of Agriculture 4.0 technologies is very low due to a lack of or basic Information Technology infrastructure and a lack of awareness. Although these limitations exist, starting from a theoretical framework is the first step. The methodology employed consists of an integrative literature review in which a conceptual framework of the core concepts is identified. A critical review of these core concepts is developed. And a new perspective is constructed based on what has been previously established. The result and main contribution is reconceptualization of Rogers' (2003) Innovation Adoption Model, which incorporates the development of digital skills into the first stage of the model, corresponding to knowledge of the innovation. It is the moment when a person learns about the innovation and seeks information about it. Finally, science communication is proposed as an initial element for the development of digital skills in agriculture.

**KEYWORDS:** agriculture; diffusion; innovations; artificial intelligence; precision.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector de la agricultura a nivel mundial enfrenta múltiples retos, uno de ellos es el rápido crecimiento de la población. El Departamento para los Asuntos Económicos y Sociales Organización de las Naciones Unidas (2019) proyecta que para el año 2050 la cifra de habitantes ascenderá 8 mil 500 millones, lo que significa un crecimiento significativo de la demanda de alimentos. Al mismo tiempo, la disponibilidad de los recursos naturales, como el agua, y la productividad de los cultivos actualmente disminuye constantemente. Aunado a esto, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). 2010. Indica que existen 821 millones de personas que sufren de hambre.

De esta forma, la agricultura es un sector fundamental para enfrentar los retos mencionados, que ha vivido una revolución digital, sobre todo en los países desarrollados. Esta revolución también llamada Agricultura 4.0, integra robots, sensores remotos, satélites, datos masivos, cadenas en bloque o *blockchains* en inglés (Grupo ETC, 2019), además de conducir a la creación de sistemas altamente productivos, que anticipan y se adaptan a los cambios que ocasiona el cambio climático, aspecto que contribuye a la seguridad alimentaria, sustentabilidad y estabilidad del ingreso (Trendovov et al., 2019).

Aunque pareciera que la Agricultura 4.0 únicamente trae consigo beneficios, existen perspectivas encontradas que indican que la revolución digital puede desaparecer a las redes campesinas (Grupo ETC, 2019), así como la posible transformación de la agricultura en comunidades ancestrales, con un arraigo muy fuerte a la tierra y una visión del planeta como un ser vivo (Revista de Innovación Educativa, 2020). La Editorial de la

revista indexada *Innovación Educativa* (2020) advierte que el sector de la agricultura en los países desarrollados será impactado de manera contundente por la digitalización de procesos productivos y cadenas de valor a cargo de corporativos internacionales de la agroindustria en áreas como

preparación de las tierras de cultivo, la programación genética de semillas, la maquinaria robotizada de cultivo, el monitoreo en línea de su crecimiento y cosecha, la reacción de los vegetales al entorno ecológico y ambiental, hasta su distribución y consumo, desde una perspectiva capitalista mundial (p.6).

Ante este contexto, resulta fundamental iniciar la discusión teórica sobre las oportunidades que existen para los pequeños agricultores frente al avance de la Agricultura 4.0. Por esta razón, el presente trabajo se inserta en los estudios de adopción de innovaciones de tecnologías pertenecientes a la Agricultura 4.0, como la IA y la AP. La intención es iniciar un camino desde la teoría para afrontar la realidad digital que el campo y sobre todo los pequeños productores están por vivir.

De esta forma, la hipótesis de trabajo parte de la necesidad de iniciar la gestión del proceso de adopción de tecnologías pertenecientes a la Agricultura 4.0, tales como como la IA y la AP, a partir del desarrollo de las habilidades digitales en los agricultores. Si bien existen limitantes como el acceso a internet, falta de infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) e incluso bajos niveles educativos en el sector rural de países en desarrollo, es preponderante iniciar una discusión teórica que brinde un horizonte para los pequeños productores, quienes están viviendo la inminente proliferación de la Agricultura 4.0 en sus tierras, como sucede en América Latina.

Así, el objetivo es reconceptualizar el modelo de adopción de innovaciones propuesto por Rogers (2003) a través de integrar al desarrollo de las habilidades digitales como un elemento esencial del proceso de difusión de innovaciones de tecnologías pertenecientes a la Agricultura 4.0, tales como la IA y la AP por parte de agricultores que viven en países en desarrollo, específicamente de América Latina, lo cual representa la principal contribución de este trabajo a la literatura existente.

El trabajo está dividido en cuatro apartados, el primero aborda las consideraciones metodológicas que rigen la estructura y bases del análisis a seguir, el segundo abarca el marco teórico de los conceptos empleados, el tercero incorpora el análisis crítico de los conceptos, así como propuesta teórica, y el quinto las conclusiones y futuras investigaciones.

## 2. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

La metodología empleada es una revisión integradora de la literatura, la cual es una forma distintiva de investigación que genera nuevo conocimiento acerca de un tema,

debido a que revisa, critica y sintetiza la literatura más representativa sobre el mismo (Snyder, 2019, 335 y 336). De tal forma, es posible construir nuevas perspectivas y reconceptualizar temas que previamente habían sido abordados (Guirao, 2015, Torrance, 2016, Wittermore y Knafl, 2005).

Los pasos para llevar a cabo este trabajo se basaron en una investigación exploratoria que condujera en principio a identificar el marco conceptual de la Agricultura 4.0 específicamente la AI, AP y Proceso de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003). Cumpliendo así, el punto sobre las visiones generales sobre los conocimientos base, el cual es necesario en la metodología de la revisión integradora de la literatura. El segundo paso consistió en establecer la relación conceptual entre el Proceso de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003), la IA y AP. Aspecto que cumple con el segundo paso de la metodología propuesta, respecto a desarrollar una revisión crítica.

Una vez determinada la revisión crítica, se procedió a reconceptualizar el modelo de Rogers (2003) al integrar las habilidades digitales dentro de la primera etapa del proceso de difusión, correspondiente al conocimiento de la innovación. Este procedimiento conduce a cumplir con el último paso de la metodología propuesta referente a construir nuevas perspectivas sobre lo previamente establecido, ya que en la literatura ha sido escasamente abordada esta relación, lo que conduce a generar conclusiones que reconceptualizan a la agricultura de precisión desde el proceso de adopción.

Para asegurar el rigor de la metodología antes descrita, a continuación, se explica de manera detallada el establecimiento de la muestra, los términos y bases de datos empleadas, así como el criterio de inclusión y exclusión para determinar las fuentes primarias relevantes (Wittermore y Kanfl, 2005: 549).

El objetivo de la fase de muestro de este estudio consistió en identificar investigaciones empíricas y teóricas publicadas sobre los conceptos sobre AP y Adopción de Innovaciones. Varias técnicas se emplearon para identificar investigaciones relevantes. En primer lugar, se realizó la búsqueda de las palabras clave “Agricultura de Precisión” y “Adopción de Innovaciones” en las bases de datos Emerald publishing, Sage, Science Direct, Springer, y Taylor Francis. Sólo se consideraron artículos y libros que incluyeran en el título las palabras claves mencionadas de 2015 a 2020.

En principio se encontraron 46,816 documentos para Agricultura de Precisión y 42, 779 para Adopción de Innovaciones. Sin embargo, para demostrar la afirmación de nuestra hipótesis, fue necesario realizar un análisis minucioso de artículos que privilegiaran la integración de los conceptos de Inteligencia Artificial con la Agricultura de Precisión, así como la relación entre Agricultura de Precisión y Adopción de innovaciones, además

de casos de estudio e investigaciones de corte empírico, lo que derivó en una muestra de 1,055 documentos.

Con esta base se seleccionaron los artículos que en su título incluyeran los conceptos Agricultura de Precisión y Adopción de Innovaciones artículos citados sobre las definiciones de los conceptos, casos de estudio e informes, lo que derivó en una muestra final de 100 artículos, capítulos de libros e informes.

### 3. MARCO TEÓRICO DE LOS CONCEPTOS BASE

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura) 2020. define a la Agricultura 4.0 como una serie de innovaciones que tienen el objetivo de producir productos agrícolas, y está constituida por tecnologías como la AP, el Internet de las Cosas y el Manejo de Datos para optimizar calidad de los productos, así como la eficiencia de la producción; minimizar el impacto ambiental, y riesgos asociados a la producción.

No obstante, Klerkx y Rose (2020) refieren que el concepto aún sigue siendo un término vago y pobre **más relacionado con las ideas de la Industria 4.0, Cuarta Revolución Industrial (Zambon et al. 2019) o Manufactura Inteligente<sup>1</sup>**, pero que **sí posee** el potencial para impactar en el diseño y operación de los sistemas de producción, cambiar las funciones de las cadenas de abastecimiento agrícolas, conformar un nuevo tipo de productos por parte industria de alimentos, redefinir las ventas que realizan los vendedores al detalle y la forma en que compran los consumidores finales. En sí, la Agricultura 4.0 es disruptiva y transformativa. La Tabla 1 indica la variedad de tecnologías que conforman la Agricultura 4.0.

Tabla 1. Lista de términos relacionados con la Agricultura 4.0.

Tecnología	Definición
Sensores remotos	Es la ciencia de obtener información acerca de objetos o áreas a la distancia a partir de satélites o naves aéreas. Permite la obtención de imágenes en diferentes longitudes de onda del espectro de luz por activación de sensores.
Cadenas en Bloque - <i>Blockchain</i> en inglés	Sistema en el que una lista creciente de registros o bloques se vinculan entre sí al emplear la criptografía. Cada bloque contiene un resumen criptográfico del bloque previo, una marca de tiempo y datos de transacción.
IoT (Internet de las cosas)	Red de infraestructura global donde los objetos físicos o virtuales con identidades únicas son descubiertos e integrados de forma similar en una red de información asociada donde estas identidades son capaces de ofrecer y recibir servicios que son elementos de procesos de negocios definidos en el ambiente en donde se convierten como activos.

<sup>1</sup>El concepto se refiere a la introducción de las tecnologías digitales en la industria de la fabricación, tales como “el internet de las cosas, cómputo móvil, la nube, el big data, redes de sensores inalámbricos, sistemas embebidos y dispositivos móviles” (Ynzunza et al., 2017)

Agricultura de Precisión	Concepto de la administración agrícola basado en la observación, medición y respuesta para identificar la variabilidad en las tierras.
Inteligencia Artificial	Habilidad de una computadora digital o robot controlado que ejecuta tareas se comporta, opera, piensa como humano, además de tener su propia forma racional de procesamiento de la información y comportamiento.
LIDAR	Método que combina diferentes sensores de varias frecuencias y tipos de luces para medir distancias que pueden ser empleadas para crear imágenes en tercera dimensión. Los rayos láser se emplean para crear la luz que es reflejada en la superficie y entonces es capturada por un sensor

### 3.1. AGRICULTURA DE PRECISIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La AP es un concepto complejo integrado tanto por elementos de la administración como de la tecnología. En el primer caso, la definición está orientada a la administración de los insumos y productos en términos de cantidad y calidad, lo cual permite gestionar la producción agrícola; además de los riesgos económicos y ambientales, generando un apropiado y enfocado uso de los recursos (Leonard, 2016). Desde la perspectiva tecnológica, la AP es un sistema de administración basado en tecnología como los sensores de control remoto, sistemas de información geográfica, sistemas de posicionamiento global, internet de las cosas y robótica, cada uno empleado para identificar, analizar y administrar el espacio, así como la variabilidad en la temporalidad de los cultivos. De esta forma, es posible proteger al ambiente, reducir costos y obtener mayor rentabilidad y una sustentabilidad óptima (Bongiovanni y Lowenberg-Deboer, 2004; Gebbers y Adamchuk, 2010; Leonard, 2016).

Por su parte, Schrijver (2016) aporta mayor claridad a la definición, al describir que la AP también integra el empleo de técnicas digitales para monitorear y optimizar procesos de producción para la agricultura, en vez de aplicar la misma cantidad de fertilizantes o alimentar a una población de animales con la misma cantidad de comida. Por esta razón, el valor que brinda la AP reside en la medición de distintos escenarios que permiten decidir qué tipo de fertilizantes o cosechas se adaptan mejor a las condiciones del campo.

La literatura en AP desde la perspectiva tecnológica, recientemente se ha enfocado en la IA, la cual es una rama de las ciencias de la computación que busca crear máquinas inteligentes que trabajan y reaccionan como humanos y otros animales. La IA en la agricultura juega un rol irremplazable en la optimización, así como en la agricultura inteligente, robótica y automatizada; además de ser fundamental en los sistemas de soporte de decisiones y sistemas expertos en agricultura (Talaviya et al., 2020 y Zhao, 2019).

Las soluciones que ha brindado la IA en la agricultura han permitido que los agricultores produzcan mayores productos con menos insumos, siendo de mayor calidad

y asegurando una entrada más rápida al mercado. Así, es posible confirmar que el uso de esta tecnología se extiende cada vez más. Cifras que dan cuenta de lo anterior refieren a que en 2020 se utilizaron 75 millones de dispositivos conectados por parte de los agricultores a nivel mundial. De esta forma, para 2050 el promedio de datos que se esperan generar por granja es de 4.1 millones de día (Talaviya et al.).

Sin embargo, aunque la IA ha logrado una contribución bastante grande en el sector agrario por emplear robots y drones (Talaviya et al., 2020), la promesa que brinda todavía no se ha materializado a causa de los obstáculos tecnológicos, sociales y legales (Aijaz et al., 2025).

La investigación AI en la AP se ha enfocado a 21 áreas de estudio que cubren los principales motores de la agricultura. Estas áreas demuestran la transdisciplinariedad de la investigación de la AI en la AP, tal es el caso de las ciencias de la computación, el aprendizaje automático, las ciencias de la información, el mejoramiento de cultivos, la biología, genética, estadística, física, química entre otras disciplinas (Zharo, 2019).

Si bien, existen investigaciones (Daberkow y McBride, 2003; Tobertt et al., 2007; Tey y Brindal, 2012; Walton, 2008) que analizan los factores que impactan en la adopción de la AP, como son la educación, ingreso, ubicación y edad de los agricultores, la rutina que se genera al emplear la AP, instituciones, aspectos legales, el papel de las expectativas económicas en la toma de decisiones para la aceptación de la tecnología; en realidad la adopción de la AI en la AP ha sido escasamente abordada en la literatura del tema. En este punto, surge la necesidad de cubrir esta brecha, por lo que en inicio es necesario establecer la perspectiva teórica y conceptual de la adopción de innovaciones, para lo cual se retoma la Difusión de Innovaciones de Rogers (2003).

### 3.2. DIFUSIÓN DE INNOVACIONES

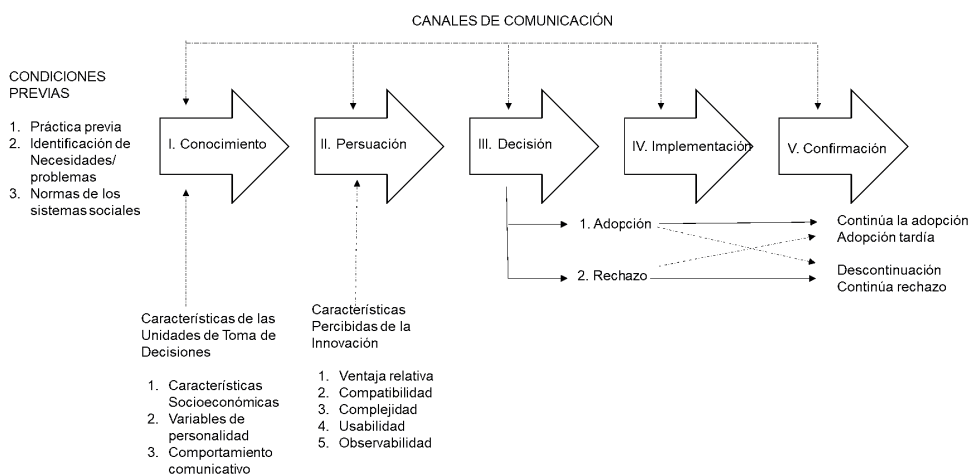
La Teoría de la Difusión de Innovaciones fue propuesta por Rogers (2003), y su constructo teórico define a la innovación como “una idea, práctica u objeto que un individuo u otra unidad de adopción percibe como nuevo” (p.7540), aunque, si los individuos la perciben como nueva, entonces la seguirán considerando como innovación (Sahin, 2006). En el caso de la difusión, Pérez y Terrón (2004) la describen como “el proceso por el cual una innovación se comunica por cientos de canales a través del tiempo entre individuos de un sistema social” (p. 309).

De esta forma, se establecen las pautas para que una innovación sea comunicada a través de distintos canales y en un tiempo definido entre los miembros de un sistema social (Lai, 2017). Además, como se observa en la Figura 1, integra un modelo teórico

que reúne cinco elementos constantes en cualquier estudio sobre la difusión: (I) conocimiento, (II) persuasión, (III) decisión, (IV) implementación y (V) confirmación. Cada uno caracterizado por elementos que los define, tales como los canales de comunicación, el tiempo y el sistema social.

Rogers (2003) refiere que la adopción inicia al compartir información a los usuarios potenciales a través de dos canales: el impersonal que excluye el contacto cara a cara, como son los medios de comunicación, la publicidad, folletos, guías de uso; y el personal, que involucra un contacto cara a cara a través de contactos informales (familiares y amigos), así como contactos formales (instituciones, organizaciones, consultores).

Figura 1. Describe el modelo de las cinco etapas del Proceso de Decisión de Adopción de la Innovación (Rogers, 2003).



El proceso de decisión de adopción de innovaciones como una actividad de búsqueda y procesamiento de información, donde se motiva a reducir la incertidumbre que posee un individuo acerca de las ventajas y desventajas de una innovación. Usualmente, una etapa sigue a otra de manera consecutiva en tiempo y orden. Por tanto, todas deben cumplirse con el objetivo de alcanzar un grado de adopción definitivo (Pérez y Terrón, 2004). No obstante, Lyytinen y Damsgaard, (2017) establecen que las etapas del proceso de adopción no siempre ocurren de manera secuencial, sobre todo en el caso de tecnologías como la AI y la AP.

Otros factores que influyen en el proceso de difusión son el sistema social al que pertenecen, el proceso de comunicación, las características de los promotores, así como los atributos de la innovación, tales como usabilidad, ventaja relativa, compatibilidad, observación y complejidad (Lyytinen y Damsgaard, 2017, p. 177). Al hablar de adopción de

la innovación es preciso indicar que puede aplicarse tanto a fenómenos materiales como abstractos, ya que, a través del tiempo, la definición ha variado de manera significativa. En principio se asoció a la ciencia, tecnología; posteriormente al desarrollo de productos y finalmente a la comercialización de ideas e invenciones (Green, Argawal y Logue, 2015).

#### 4. REVISIÓN CRÍTICA

Una vez abordados los conceptos base, la segunda etapa de la revisión de la literatura integradora consiste en realizar una revisión crítica de los conceptos. De esta forma, se inicia estableciendo que las tecnologías digitales conforman nuevas oportunidades para integrar a los pequeños productores en un sistema alimenticio digitalizado. El Banco Mundial (2016) ha indicado que el 70 por ciento de las poblaciones más pobres de los países en desarrollo tiene acceso a los teléfonos móviles, y más del 40 por ciento de la población mundial tiene acceso a internet, además de existir iniciativas para conectar a más áreas rurales.

Sin embargo, la adopción de tecnologías como la IA y la AP de los países en desarrollo y en específico los pertenecientes a Latinoamérica

enfrentan obstáculos a la adopción como la falta de habilidades digitales y una cultura que fortalezca la innovación y el emprendimiento entre la población rural (Trendov et al., 2019). Como se abordó anteriormente, el estudio de la adopción de la AP ha estado enfocado a identificar factores relacionados con la educación, ingreso, expectativas económicas, edad, rutina, entre otros.

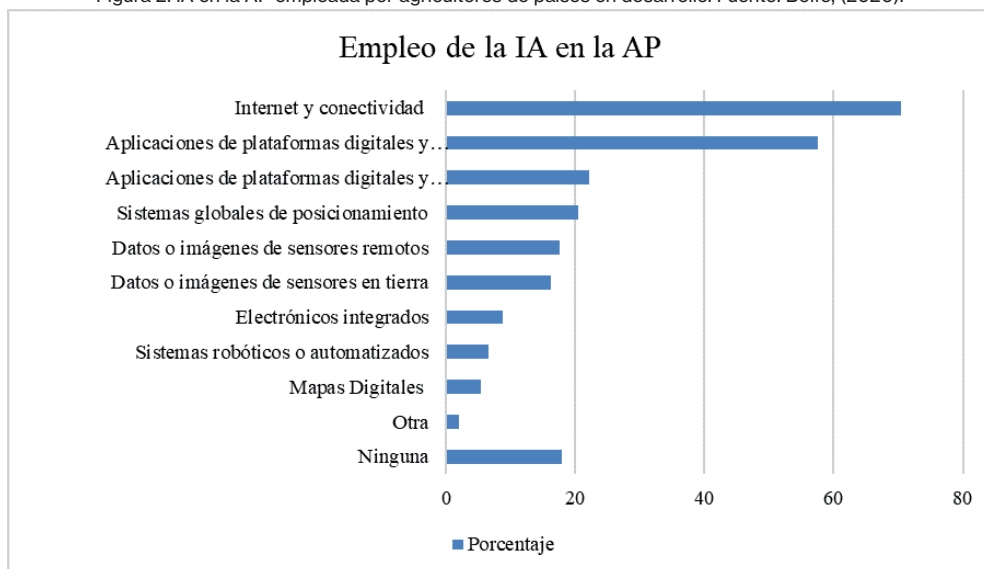
De hecho, la única investigación que refiere a la adopción de la IA en la AP en Latinoamérica es la realizada por Bolfe et al. (2020) respecto al uso de tecnologías digitales por parte de 504 agricultores de Brasil, además de su percepción sobre los beneficios y retos. Los resultados de esta investigación indicaron que los agricultores emplean al menos una tecnología digital en su sistema de producción, como conectividad a internet, aplicaciones móviles, plataformas digitales, software, sistemas satelitales de posicionamiento global, sensores remotos y en tierra. También poseen una percepción positiva respecto al impacto del uso de la tecnología digital.

No obstante, uno de los principales hallazgos indicó que, aunque los agricultores usaban al menos una tecnología de las mencionadas anteriormente, las más empleadas correspondían a bajos niveles de complejidad, como se puede apreciar en la Figura 2. En la gráfica se muestra que tecnologías complejas como los sistemas robóticos o automatizados, sólo fueron empleados por un 6.5 por ciento; en tanto los mapas digitales sólo alcanzaron el 5.4 por ciento de uso. Estas cifras son contrastantes, si se considera que más del 70 por ciento empleaba el internet y la conectividad.

La investigación de Bolfe et al. (2020) se relaciona con la realizada por Trendov et al. (2019) respecto a que las tecnologías digitales tales como la IA en la AP implican una complejidad en su uso, debido a los conocimientos previos que deben existir para comprender su funcionamiento y beneficios, lo que conduce a la necesidad de desarrollar habilidades digitales por parte de los agricultores.

En este sentido la hipótesis generada al inicio de este documento se comprueba, al establecerse la necesidad de gestionar el proceso de adopción de la IA en la AP a partir del desarrollo de las habilidades digitales de los agricultores, en específico porque la investigación demuestra que, aunque emplean tecnologías digitales, éstas son de baja complejidad.

Figura 2. IA en la AP empleada por agricultores de países en desarrollo. Fuente: Bolfe, (2020).

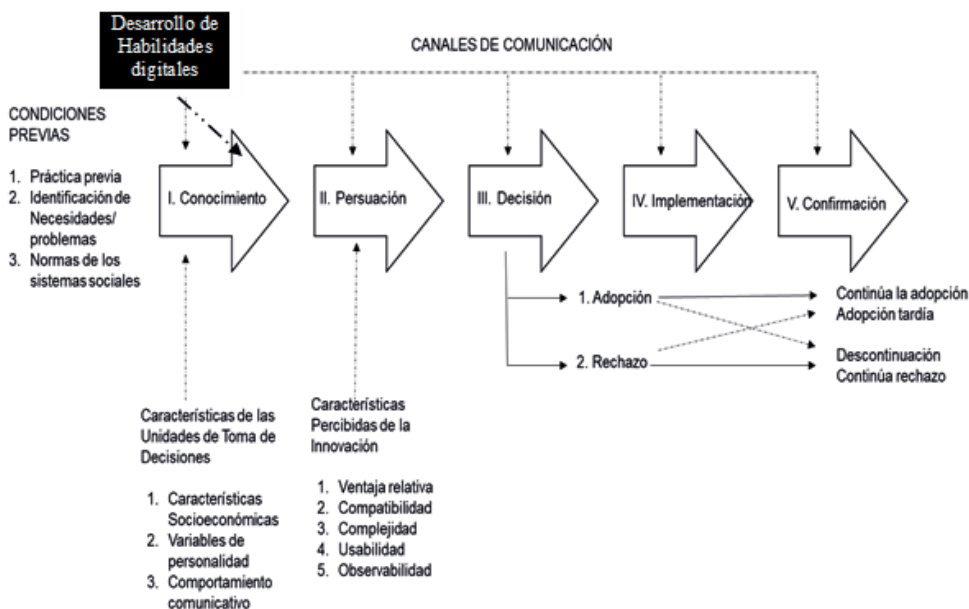


#### 4.1. HABILIDADES DIGITALES EN EL PROCESO DE ADOPCIÓN DE INNOVACIONES DE LA IA Y LA AP

La propuesta del presente trabajo consiste en reconceptualizar el modelo de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003) para incorporar en la primera etapa del proceso, relativa al conocimiento de la innovación, el desarrollo de las habilidades digitales (Figura 3), las cuales se definen como un conjunto de habilidades técnicas que permiten el manejo de la información, comunicación, colaboración, creatividad, pensamiento crítico y resolución de problemas dentro de todo el contexto de las tecnologías digitales” (Van Laar et al., 2017).

Se propone que las habilidades digitales se incorporen en la etapa de conocimiento, porque es el momento cuando una persona aprende acerca de la innovación y busca información sobre ella. Además, se generan tres tipos de conocimiento: conciencia, proceso y principios de funcionamiento. Por tanto, “los individuos definen qué es la innovación, cómo y por qué funciona” (Rogers, 2003, p. 21).

Figura 3. Indica la incorporación de las habilidades digitales como parte de la etapa de conocimiento del proceso de Adopción de la IA en la AP. Fuente: con información de Rogers (2003).



De esta forma, el desarrollo de habilidades digitales en la etapa de conocimiento tendrá una influencia en la percepción en las características de la innovación. La experiencia y conocimiento respecto al manejo de las tecnologías de información inciden en percepciones que permiten que la tecnología sea considerada como mejor que otra existente (Ventaja relativa), congruente con los valores del adoptante (Compatibilidad), con un bajo o medio nivel de dificultad (Complejidad), con mayor oportunidad para su uso constante (Usabilidad) y con la aprobación del sistema social (Observabilidad).

## 5. CONCLUSIONES

La principal aportación del presente trabajo reside en considerar al desarrollo de habilidades dentro del proceso de adopción, sobre todo porque la investigación sobre adopción de la AP está enfocada en identificar y analizar factores como, ingreso, ubicación y edad de los agricultores; así como la rutina que se genera al emplear la AP, las

instituciones que apoyan en la adopción, aspectos legales y el papel de las expectativas económicas en la toma de decisiones para la aceptación de la tecnología.

De esta forma, la gestión de la adopción de la IA en la AP debe considerar a las habilidades digitales, sobre todo en los países en desarrollo. Esta gestión brinda al campo la oportunidad de ser competitivo al producir productos de calidad, con menos costo y más eficiencia en el personal. No obstante, la propuesta de este trabajo es limitada en cuestión de la falta de infraestructura de Tecnología de Información, particularmente las comunidades alejadas o en Pueblos Originarios.

De ahí que la comunicación de la ciencia se considere, para futuras investigaciones, como un elemento esencial en una primera etapa del desarrollo de habilidades digitales, la cual corresponde a las habilidades operacionales. Por esta razón, en este trabajo se establece que, para alcanzar esta primera etapa, la comunicación de la ciencia puede constituirse como un puente que fomenta la interacción entre la comunidad científica y los públicos (Office of Science and Technology and Wellcome Trust, 2000), a la vez de ser una variable que impacta en las percepciones individuales sobre la tecnología. Sobre todo, porque se ajusta a las costumbres, prácticas culturales y lenguaje de los agricultores.

En este sentido, se desarrollan una serie de recomendaciones para la aplicación de esta propuesta:

- a) Aplicación de la comunicación científica informal o educación de la ciencia en ambientes informales (Bell et al., 2009; Lacy y Busch, 1983; Ward et al., 2013), ya que permite conformar un espacio para aprovechar el conocimiento previo y la experiencia de los participantes, aspecto que permite adaptarse a los contextos histórico y sociales al integrar interacciones que abarcan desde la generación de preguntas, analogías y actividades lúdicas.
- b) Esta comunicación científica informal debe transmitirse a través de los canales informales (comunicación cara a cara) que plantea el proceso de difusión, ya que son esenciales para incidir en las etapas de conocimiento y persuasión. Es en estas dos etapas la comunicación de la ciencia donde debe aplicarse con mayor consistencia para que los agricultores que poseen bajos niveles educativos puedan conocer y probar la tecnología, así como percibir sus beneficios.
- c) Emplear a líderes de opinión dentro de las comunidades de agricultores, para iniciar con ellos el proceso de difusión y aplicación de la comunicación científica informal, ya que su influencia en el sistema social es determinante

para atraer voluntariamente a los agricultores y contribuir a la generación de percepciones positivas de la tecnología.

- d) Diseñar instrumentos de medición para el diagnóstico de habilidades operacionales. La experiencia en el uso del internet en el área rural es muy reciente. Por tanto, es necesario identificar niveles de conocimiento que permitan estructurar mensajes y productos comunicativos que integren los valores y lenguaje de los agricultores, a la vez de información relacionada con su nivel de experiencia.
- e) Generar productos comunicativos visuales y en formato físico. Si bien, el desarrollo de habilidades digitales conlleva operar la tecnología, los bajos niveles educativos que existen en la ruralidad de México y América Latina, exige la elaboración de productos tangibles donde destaque imagen visual.
- f) Potenciar alianzas entre universidades, organismos de la sociedad civil y entidades gubernamentales o gobiernos municipales con compañías productoras de dispositivos móviles, para generar programas de donación o comodato. Para las compañías estas alianzas también pueden ser parte de sus programas de Responsabilidad Social Corporativa<sup>2</sup> y para los gobiernos ser un activo que promueva el Valor Público<sup>3</sup>.

Las recomendaciones antes descritas van hacia cualquier universidad, institución de educación superior u organismos del sector privado o sociedad civil que integren dentro de sus planes de estudio, líneas de investigación u objeto social actividades relacionadas con las Tecnologías de Información y Comunicaciones, o estudios sobre la Ciencia, Tecnología y Sociedad (STS en inglés). Esta especificación se genera, porque se busca que este tipo de organizaciones comparta el conocimiento y recursos que han adquirido como parte de su propia actividad, ya sea porque su propósito es generar reputación y posicionamiento ante sus públicos para diferenciarse de la competencia, o por el cumplimiento de requisitos que exigen instancias gubernamentales.

Finalmente, es importante considerar que el desarrollo de habilidades digitales en la ruralidad de México y América Latina no es uniforme, por lo que el diagnóstico se convierte en una herramienta esencial para la personalización de iniciativas. Por ello, poner en la mira que el desarrollo de habilidades operacionales es el primer paso a considerar para la inclusión de los agricultores en la Agricultura 4.0, resulta de profundo interés para el análisis prospectivo y para el proceso de anticipación de la dinámica tecnológica

<sup>2</sup> Modelo de negocios autoregulado que apoya a una empresa a ser socialmente responsable respecto a sí misma, sus stakeholders o grupos de interés y los públicos a los que atiende (Strategic Direction, 2018, p.2).

<sup>3</sup> Concepto que propone que los recursos públicos deben ser utilizados para incrementar el valor, de la misma forma que se crea valor en el sector privado (Moore, 1998).

en la que México y América Latina requieren participar, con el objetivo de alcanzar, en primer lugar, su propia seguridad alimentaria, y en segundo lugar ser competitivos a nivel internacional dentro del sector agrícola. En caso contrario, existe el riesgo de afrontar la escasez de alimentos y agudizar el rezago económico originado por la falta de eficiencia e innovación en el campo.

## AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México para el desarrollo de este trabajo, que forma parte del proyecto “Ciencia Ciudadana con perspectiva de género”.

## REFERENCIAS

Aijaz, N., Lan, H., Raza, T., Yqub, M., Iqbal, R. y Pathan, M. (2025) . Artificial intelligence in agricultura: Advancing crop productivity and sustainability. *Journal of Agriculture and Food Research*, 20 (1). <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101762>

Banco Mundial. (2016). *World Development Report 2016: Digital Dividends*.

Bell, P., Lewenstein, B. V., Shouse, A., y Feder, M. (Eds.). (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. National Academies Press.

Bolfe, E., de Castro, L., Del'Arco, I., Luchiari, A., Cabral, C., de Castro, D. y Yassushi, R. (2020). Precision and Digital Agriculture: Adoption of Technologies and Perception of Brazilian Farmers. *Agriculture*. 10 (1), 1-16.

Bongiovanni, R. y Lowenberg-Deboer, J. (2004). Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture* 5 (1), 359\_387.

Daberkow S. y McBride, D. (2003). Farm and Operator Characteristics Affecting the Awareness and Adoption of Precision Agriculture Technologies in the US. *Precision Agriculture*. 4 (1), 163- 1777

FAO (2018). *The State of Food Security and Nutrition in the World: Building Resilience for Peace and Food Security*. <http://www.fao.org/news/story/en/item/1152031/icode/>

Green, R., Argawl, R. y Logue, D (2015) Innovation. en: Wright, J. D. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (2.ed.). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008097086873087X?via%3Dihub>

Grupo ETC (2019). *La insostenible agricultura 4.0*. [https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/la\\_insostenible\\_agricultura\\_4.0\\_web26oct.pdf](https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/la_insostenible_agricultura_4.0_web26oct.pdf)

Gebbers, R. y Adamchuk, V. (2010). Precision agriculture and food security. *Science* 327, 828-831.

Guirao, S. (2015). Utilidad y tipos de revisión de literatura. *ENE, Revista de Enfermería*, 9 (2). [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1988-348X2015000200002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2015000200002)

Innovación Educativa (2020). Editorial. *Innovación Educativa*, 80 (20), 5-6.

Klerkx, L. y Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?. *Global Food Security*, 24 (1). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100347>

Lacy, W. y Busch, L. (1983). Informal scientific communication in the agricultural sciences. *Information Processing & Management*, 19 (4), p. 193-202.

Lai, P. (2017). The Literature Review of Technology Adoption Models and Theories for the Novelty Technology. *Journal of Information Systems and Technology Management*. 14 (1), 21-38.

Leonard, E. (2016). *Precision Agriculture*. AgriknowHow. Australia: Elsevier.

Lyytinen, K. y Damsgaard, J. (2017). What's wrong with the Diffusion Innovation Theory? en *Diffusing Software Product and Process Innovations*. TDIT 2001. IFIP – The International Federation for Information Processing. Springer.

Moore, M. (1998), *Gestión estratégica y creación de valor en el sector público*. Paidós.

Office of Science and Technology and Wellcome Trust (2000). *Science and the public: A review of science communication and public attitudes to science in Britain*. [http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh\\_peda/documents/web\\_document/wtd003419.pdf](http://www.wellcome.ac.uk/stellent/groups/corporatesite/@msh_peda/documents/web_document/wtd003419.pdf)

Pérez, M. y Terrón, M. (2004). La Teoría de la Difusión de la Innovación y su Aplicación al estudio de la Adopción de Recursos Electrónicos por los Investigadores en la Universidad de Extremadura. *Revista Española de Docencia Científica*, 27 (3), 308-329.

Rogers, E. (2003). *Diffusion of innovations* (5a Ed.). Free Press.

Sahin, I. (2006). Detailed review of Roger's diffusion of innovations theory and educational technology-related studies based on Roger's theory. *Turkish Online Journal of Educational Technology*. 5 (2), 14-18.

Schrijver, R., 2016. *Precision agriculture and the future of farming in Europe*. Scientific Foresight Study. European Union, Brussels. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf)

Snyder, Hannah (2019), *Literature review as a research methodology: An overview and guidelines*. *Journal of O Research*, 104 (1), 333-339.

Strategic Direction (2018). *The role of CSR in business strategy: Maintaining competitive advantage with a clearly-defined CSR programme*. *Strategic Direction*, 34(10). 13-15.

Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H. y Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*.

Tey Y. y Brindal M. (2020) Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision Agriculture*. 13 (1), 713-730.

Torbett J., Roberts, K., Larson, J., English, B. (2007). Perceived importance of precision farming technologies in improving phosphorus and potassium efficiency in cotton production. *Precision Agriculture*, 8 (1), 127-137.

- Torrance, R. (2015). Writing Integrative Reviews of the Literature: Methods and Purposes. *International Journal of Adult Vocational Education and Technology*, 7 (3), 62-70.
- Trendodov, N., Varas, S. y Zeng, M. (2019). Digital Technologies in Agriculture an Rural Areas. <http://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf>
- Ward, W., Millar, J. y Southwell, A. (2013). The role of communication between scientists involved in agricultural development in South East Asia. Report No.69. [https://cdn.csu.edu.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0003/884280/69-Communiation-SEAsia\\_Agric.pdf](https://cdn.csu.edu.au/_data/assets/pdf_file/0003/884280/69-Communiation-SEAsia_Agric.pdf)
- Wittermore, R. y Knafelz, K. (2005). The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(1). 546-553. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x
- United Nations Department of Economics and Social Affairs (2019). World Population Prospects 2019. [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_10KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf)
- Van-Laar, E., Van-Deursen, A., Van-Dijk, J., 6 De-Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72 (1), 577-588.
- Ynzunza, C., Landeta, I., Bocarando, J., Aguilar, F. y Larios, M. (2017). El entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54 (1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>
- Zambon, I., Cecchini, M., Egidi, G., Saporito, M. G., Y Colantoni, A. (2019). Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs. *Processes*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.3390/pr7010036>
- Zhao, C. (2019). Inaugural Editorial. Artificial Intelligence in Precision Agriculture. 1 (1), A1-A2.

## SOBRE O ORGANIZADOR

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

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aceites esenciales 136, 137, 140, 142, 143, 144, 150, 151, 153, 158, 160  
Ácidos orgánicos 136, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153  
Actitudes ambientales 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33  
Actividad antimicrobiana 137, 145, 147, 148  
Acuicultura 163, 164, 169, 171, 178, 192, 204  
Agricultura 1, 2, 4, 6, 22, 23, 35, 45, 64, 65, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 109, 110, 131, 135  
Agricultura sostenible 2, 35  
Agroecología 1, 2, 4, 5, 22  
Alimento vivo 162, 163, 164, 175, 190, 192  
Almidón 113, 115, 116, 119, 135, 192  
Antocianinas 113, 114, 115, 117, 119, 120, 122, 123, 131, 135

### B

Bioestimulante 51, 64  
Biofloc 162, 173, 175, 190, 191, 192, 200, 201, 202, 203, 204  
Biomasa 36, 66, 134, 164, 176, 177, 178, 184, 185, 186, 187, 191, 194  
Burkholderia cepacia 162, 163, 165, 166, 175, 176, 178, 190, 191, 193, 194

### C

Características físicas 123, 124, 135

### D

Daphnia magna 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 184, 187, 188, 189  
Daphnia pulicaria 162, 163, 169, 171  
Desarrollo sustentable 25, 27, 28, 33  
Difusión 97, 99, 100, 103, 104, 106, 108, 111  
Dureza de grano 113

### E

Educación ambiental 25, 27, 28, 31, 32

### F

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

193, 201, 202, 204

## G

Germinación 95, 128, 130, 135

## H

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

Humus sólido y líquido 51

## I

Identidad genética 122, 130, 132

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

Integridad intestinal 137, 152

Inteligencia Artificial 97, 100, 102

In vitro culture 87, 88

## L

Larvicultura 176, 187

## M

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

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

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

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

Morphology 69, 156, 157, 160, 161

## N

Nutrición sostenible 35

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

## O

Olive tree 69, 70, 71, 85

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

Oxidation 87, 159

## P

PCA 69, 71, 84

Physio-biochemical 69, 83, 84

Pinus 87, 88, 94, 95, 96

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

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

Problemática ambiental 25, 27, 28, 31

Producción de arroz 34, 35

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

## R

Rendimiento de arroz 35

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

## S

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

Salud del suelo 35, 36, 37

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

Steppe 69, 80, 84

Suelos de Monteria 35

Sulfato de calcio 51, 53

Sulfato de Potasio 51, 53, 58

## U

Uso de biofertilizantes 35

## Z

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

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



**EDITORIA  
ARTEMIS**  
2026