

VOL VIII

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2026

VOL VIII

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 NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

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

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

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

Conselho Editorial

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



Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil

Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil

Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México

Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil

Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil

Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México

Prof.^a Dr.^a 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 Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil

Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru

Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile

Prof.^a Dr.^a Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil

Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos

Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha

Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal

Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil

Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México

Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Díaz, Instituto Politécnico Nacional, México

Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha

Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia

Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México

Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

Prof.^a Dr.^a Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil

Prof.^a Dr.^a Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil

Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México

Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha

Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil

Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil

Prof.^a Dr.^a Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil

Prof.^a Dr.^a Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha

Prof.^a Dr.^a Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Prof.^a Dr.^a M^aGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

Prof.^a Dr.^a María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México

Prof.^a Dr.^a Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Prof.^a Dr.^a Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba

Prof.^a Dr.^a Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil

Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha

Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México

Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil

Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru

Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil

Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina

Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil

Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia

Prof.^a Dr.^a Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

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

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

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

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

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

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

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

E82 Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais VIII [livro eletrônico] / Organizador Eduardo Eugênio Spers. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-32-1

DOI 10.37572/EdArt_250926321

1. Ciências agrárias. 2. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade.
I. Spers, Eduardo Eugênio

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Os desafios contemporâneos relacionados ao uso dos recursos naturais, à conservação da biodiversidade, às mudanças ambientais e à sustentabilidade dos sistemas produtivos exigem abordagens cada vez mais integradas. Nas Ciências Agrárias e Ambientais, essa integração se torna especialmente relevante diante da necessidade de conciliar produção, conservação, desenvolvimento territorial e uso responsável dos recursos, considerando tanto os processos ecológicos quanto as dimensões sociais e econômicas envolvidas.

O oitavo volume de ***Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais*** reúne quatorze capítulos organizados em quatro eixos temáticos: **Território, mudanças ambientais e conservação; Solo, biodiversidade e agroecossistemas sustentáveis; Produção sustentável, manejo e organização dos sistemas produtivos; e Economia circular, transformações ambientais e história da agricultura.** Em conjunto, os trabalhos propõem um percurso que parte de questões ambientais e territoriais amplas e avança em direção ao funcionamento dos agroecossistemas, às estratégias de produção sustentável e às transformações históricas das relações entre agricultura, recursos e paisagem.

O primeiro eixo reúne estudos voltados às mudanças ambientais, à vulnerabilidade territorial, à soberania alimentar e à conservação de áreas naturais. As análises destacam como clima, uso da terra, planejamento territorial, políticas de desenvolvimento e participação comunitária interferem diretamente na relação entre sociedade e ambiente. A vulnerabilidade de áreas costeiras diante da elevação do nível do mar, por exemplo, envolve não apenas fatores físicos, mas também infraestrutura, uso do solo, planejamento e capacidade adaptativa. Da mesma forma, a soberania alimentar é discutida a partir das disputas pelo território, pela terra e pela água e das diferentes formas de organização da produção rural.

No segundo eixo, o olhar se volta ao solo, à biodiversidade e ao funcionamento dos agroecossistemas. A agricultura regenerativa é apresentada como uma abordagem sistêmica voltada à recuperação da saúde e da funcionalidade do solo, com princípios relacionados à redução da perturbação, à cobertura permanente, à diversidade e à integração planejada entre componentes do sistema produtivo. Os estudos sobre fungos micorrízicos, bactérias rizosféricas e recursos fitogenéticos ampliam essa discussão ao abordar diferentes dimensões da biodiversidade e de sua importância ecológica. As interações entre organismos e solo, a participação de microrganismos nos processos de transformação da matéria orgânica e a conservação da diversidade vegetal evidenciam a relevância dos recursos biológicos para o funcionamento dos ecossistemas e para o desenvolvimento de estratégias de conservação e uso sustentável.

O terceiro eixo aborda diferentes estratégias de aprimoramento dos sistemas produtivos, considerando aspectos técnicos, ecológicos e organizacionais. São discutidas alternativas como a utilização de microrganismos benéficos para reduzir a dependência da fertilização mineral, o emprego de alimentos vivos na aquicultura, o comportamento e o manejo de bovinos autóctones em sistemas extensivos de montanha e formas coletivas de organização e comercialização entre pequenos produtores. Os trabalhos demonstram que a sustentabilidade da produção depende não apenas da eficiência no uso dos recursos, mas também da adequação das práticas de manejo, da conservação da paisagem e das condições de organização econômica e social dos produtores.

Por fim, o quarto eixo estabelece um diálogo entre aproveitamento de recursos, transformação ambiental e história da agricultura. O estudo sobre a utilização da casca de noz para a produção de carvão ativado examina os requisitos técnicos e de investimento associados à valorização de resíduos agroindustriais, em consonância com os princípios da economia circular. Os dois capítulos seguintes ampliam a perspectiva temporal ao investigar as relações entre agricultura, clima, desmatamento e transformações sociopolíticas nas terras baixas maias, bem como os conhecimentos, as tecnologias de manejo da água e as intervenções sobre a paisagem desenvolvidos no contexto da agricultura andina e inca. Em conjunto, esses trabalhos permitem considerar diferentes formas de utilização e transformação dos recursos naturais, desde experiências históricas de organização agrícola até propostas contemporâneas de valorização de materiais e processos produtivos.

A diversidade dos capítulos reunidos neste volume evidencia que os desafios ambientais e agrícolas contemporâneos não podem ser compreendidos de forma isolada. Solo, água, biodiversidade, território, produção, tecnologia e organização social constituem dimensões interdependentes de sistemas em constante transformação.

Ao integrar estudos sobre conservação, sustentabilidade, produção e história da agricultura, este volume contribui para ampliar o debate sobre formas mais equilibradas de relação entre sociedade, sistemas produtivos e ambiente, valorizando tanto a inovação científica quanto o conhecimento acumulado ao longo do tempo.

Boa leitura!

Eduardo Eugênio Spers

SUMÁRIO

TERRITÓRIO, MUDANÇAS AMBIENTAIS E CONSERVAÇÃO

CAPÍTULO 1..... 1

VULNERABILITY DUE TO RISING SEA LEVELS IN THE COLOMBIAN CARIBBEAN

Johan Andrés Avendaño Arias
Leonardo Santana Bohorquez
Ivan Dario Camacho Puerto
Gustavo Enrique Ramírez Gómez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263211

CAPÍTULO 2..... 33

CONFIGURACIÓN TERRITORIAL DE LA SOBERANÍA ALIMENTARIA: EXPLORANDO LAS TERRITORIALIDADES RURALES EN FONSECA, COLOMBIA

Elkis Peñaranda Pinto

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263212

CAPÍTULO 3..... 50

CREACIÓN Y DESARROLLO DE UN CENTRO DE PROMOCIÓN AMBIENTAL MATLALCUÉYATL PARA LA RECUPERACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS: CASO: ZITLALTEPEC, TLAXCALA, MÉXICO

Fernando Mohedano López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263213

SOLO, BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS SUSTENTÁVEIS

CAPÍTULO 4..... 65

AGRICULTURA REGENERATIVA: PRINCIPIOS Y PRÁCTICAS PARA RECUPERAR EL SUELO Y FORTALECER LOS AGROECOSISTEMAS

Benigno Rivera-Hernández
José Jesús Obrador-Ólán
Eustolia García-López
José Francisco Juárez-López
Eugenio Carrillo-Ávila

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263214

CAPÍTULO 5..... 81

FUNCTIONAL ROLE OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI IN AGGREGATE FORMATION, BIODIVERSITY, AND EDAPHIC FUNCTIONING

Sud Sair Sierra

Raúl Hernando Posada

Johanna Santamaría

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263215

CAPÍTULO 6..... 108

ASLAMIENTO DE BACTERIAS DEGRADADORAS DE LIGNINA DE SUELO RIZOSFERICO DE *QUERCUS SPP.*

Iván Hernández Portillo

Yadira Cornejo Silva

María Yolanda Ríos Gómez

Ramiro Ríos Gómez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263216

CAPÍTULO 7..... 115

PHYTOGENETIC RESOURCES OF THE GENUS *Lupinus* IN BAJA CALIFORNIA: EXPLORATION AND *in situ* CHARACTERIZATION STRATEGIES

Guadalupe Minerva Torres Alfaro

María Nancy Herrera-Moreno

Jesús Alicia Chávez-Medina

Kalina Bermúdez Torres

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263217

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, MANEJO E ORGANIZAÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

CAPÍTULO 8..... 120

MICROORGANISMOS BENEFICIOSOS COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL EN EL CULTIVO DE ARROZ EN UN SUELO DE BAJA OFERTA NUTRICIONAL

Eliecer Miguel Cabrales Herrera

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263218

CAPÍTULO 9.....139

THE GREAT UNKNOWN: USE OF LIVE FOOD IN AQUACULTURE

Marco Polo Franco Archundia

Héctor Eduardo Franco-Cotero

Jimena Ramos

Luis Ángel Fabro-Leal

Fátima Getsemaní Osorio-Arce

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2509263219

CAPÍTULO 10 150

COMPORTAMENTO E MANEIO DE BOVINOS AUTÓCTONES NAS MONTANHAS DO NORTE DE PORTUGAL

Marco André de Almeida Fernandes

Gustavo Paixão

Joaquim Lima Cerqueira

José Pedro Araújo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632110

CAPÍTULO 11.....167

REMATE GANADERO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES: MÉTODO DE EVALUACIÓN FODA

Félix Cavour Ferrari

María Elena Fretes

José Braulio Silvero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632111

ECONOMIA CIRCULAR, TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS E HISTÓRIA DA AGRICULTURA

CAPÍTULO 12 175

INVERSIÓN TÉCNICA PARA LA ELABORACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE CÁSCARA DE NUEZ EN DELICIAS, CHIHUAHUA

Marina Imelda Terrazas Gómez

Luisa Patricia Uranga Valencia

Sandra Pérez Álvarez

Víctor Hugo Villarreal Ramírez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632112

CAPÍTULO 13187

¿LA AGRICULTURA DESTRUYÓ A LOS MAYAS? SEQUÍAS, DEFORESTACIÓN Y COLAPSO EN LAS TIERRAS BAJAS MAYAS

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632113

CAPÍTULO 14 200

¿CULTIVARON LOS INCAS EN EL DESIERTO? AGRICULTURA, AGUA Y TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE EN EL IMPERIO INCA

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_25092632114

SOBRE O ORGANIZADOR.....212

ÍNDICE REMISSIVO213

CAPÍTULO 9

THE GREAT UNKNOWN: USE OF LIVE FOOD IN AQUACULTURE¹

Data de submissão: 24/08/2026

Data de aceite: 10/09/2026

Marco Polo Franco Archundia

Laboratorio de Acuicultura e Hidrobiología
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México
<https://orcid.org/0000-0003-4954-5100>

Héctor Eduardo Franco-Cotero

Maestría en Manejo de Recursos Naturales
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México
<https://orcid.org/0000-0002-8054-7078>

Jimena Ramos

Maestría en Manejo de Recursos Naturales
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México

Luis Ángel Fabro-Leal

Facultad de Ciencias Biológicas
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México

¹ Este trabajo se origina en la tesis de maestría de H. Franco-Cotero. Agradecemos a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos, Fondo Verde Estatal, por el apoyo otorgado (13/P082024).

Fátima Getsemaní Osorio-Arce

Facultad de Ciencias Biológicas
Centro de Investigaciones Biológicas
Universidad Autónoma del
Estado de Morelos
Cuernavaca, Morelos, México

ABSTRACT: The nutrition of aquatic organisms in aquaculture determines whether they reach their full potential or fall short. The most common practice in fish farming is the use of commercial processed feed. However, during manufacturing, these foods undergo industrial drying processes that denature their nutrients. Live food is an excellent option for use as a substitute or nutritional supplement in aquaculture. These organisms provide the optimal concentration of essential nutrients, ensuring that fish grow at an appropriate rate, display good coloration, and maintain an effective immune system. In this chapter, we present the production, use, and specifications of these organisms and discuss the advantages and disadvantages of their use in aquaculture. Likewise, we propose innovative options to complement feeding on aquaculture farms. Cultures of these organisms are fast, cost-effective, and can be supplied to fish of all sizes. Transitioning from a diet based solely on processed foods to one based on live foods represents a significant step toward high-tech, high-yield aquaculture. Meeting the nutritional needs of fish not only ensures their

survival but also results in healthier animals with accelerated growth, greater reproductive success, and more vibrant colors.

KEYWORDS: fish farming; ornamental fish; food fish; sustainable aquaculture.

EL GRAN DESCONOCIDO: USO DEL ALIMENTO VIVO EN LA ACUICULTURA

RESUMEN: La nutrición de los organismos acuáticos en la acuicultura determina si alcanzan su máximo potencial o se quedan a mitad del camino. La práctica más común en el cultivo de peces es el uso de alimentos comerciales procesados. Sin embargo, al fabricar estos alimentos, sus ingredientes se someten a procesos industriales de secado, lo que provoca la desnaturalización de sus nutrientes. El alimento vivo es una excelente opción que puede utilizarse como sustituto o complemento nutricional en la acuicultura. Estos comestibles aportan la concentración óptima de nutrientes esenciales que garantizan que los peces crezcan a un ritmo adecuado, presenten una buena coloración y tengan un sistema inmunitario eficaz. En este capítulo mostramos la producción, el uso y las especificaciones y discutimos las ventajas e inconvenientes de estos organismos utilizados en la acuicultura. De igual forma, se plantean algunas opciones novedosas que pueden complementar la alimentación en las granjas acuícolas. Los cultivos de estos organismos se caracterizan por ser rápidos, rentables y pueden suministrarse a peces de todos los tamaños. La transición de una dieta basada únicamente en alimentos procesados a otra basada en alimentos vivos representa un paso definitivo hacia una acuicultura tecnificada y de alto rendimiento. Mantener las necesidades nutricionales de los peces no sólo asegura su supervivencia, también se obtienen animales más sanos, con un crecimiento acelerado, mayor éxito reproductivo y colores más vibrantes.

PALABRAS CLAVE: piscicultura; peces de ornato; peces de consumo humano; acuicultura sustentable.

1. FEEDING IN AQUACULTURE

Proper feeding and nutrition are critical in aquaculture. The nutrition of aquatic organisms in captivity determines whether they reach their full potential or fall short. Today, the most common practice in fish farming is the use of commercial processed feeds (Araujo et al., 2022). These pellets are practical solutions that have dominated the industry for years; however, dry diets carry operational and biological costs that cannot be ignored (Arce et al., 2018).

In nature, fish survival depends on visual cues from moving prey to trigger predatory behavior (Fuiman & Magurran, 1994). In captivity, processed food can settle to the bottom if not consumed. In this scenario, not only is the input wasted, but the edible material also degrades in the aquatic environment, thereby affecting water quality and putting the entire cultivation system at risk. On the other hand, during the manufacture of these foods, the ingredients undergo industrial drying to facilitate commercialization and storage (Araujo et al., 2022). This process denatures nutrients, drastically reducing their

digestibility and absorption by the body (Evrendilek, 2024). Live food is a viable nutritional substitute or supplement in aquaculture. Live food provides the optimal concentration of essential nutrients, such as proteins, carbohydrates, lipids, vitamins, and minerals, ensuring that fish grow at appropriate rates, display good coloration, and have an effective immune system (Samat et al., 2020).

2. WHAT IS LIVE FOOD, AND WHY IS IT SO GOOD?

Live food consists of micro- and macroorganisms with sizes, shapes, and consistencies suitable for consumption by farmed aquatic animals. This food is also distinguished by its profitability, due to high cultivation densities, and by biological advantages that commercial pellets cannot replicate, such as mobility (Franco et al., 2025). For many species, especially during the fry stage, the instinct to hunt triggers feeding. A stationary pellet may go unnoticed and sink to the bottom, whereas a small crustacean swimming in the water column triggers an immediate biological response that ensures the fish will feed on it. Therefore, live food is not just food but a functional biological package necessary for our cultures to develop under optimal conditions (Arce et al., 2018). The nutritional quality of live food is primarily characterized by the percentages of proteins, lipids, and carbohydrates (Table 1). On the other hand, this food has a broad profile of essential amino acids for fish development: arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan, and valine. These must be supplied in their diet and are crucial for optimal growth, as fish cannot synthesize them (Wilson, 1986). But these organisms not only provide enzymes and vital nutrients for proper fish development, but they also contain pigments that enhance the coloration of these animals in captivity (Arce et al., 2018).

Table 1. Nutritional content of the organisms used as live food (Franco et al., 2025).

Organism	Proteins	Carbohydrates	Lipids
Phytoplankton	56%	17%	6%
Rotifers (Rotifera)	51%	9%	33%
Vinegar eel (<i>Turbatrix aceti</i>)	15%	10%	24%
Free-living nematode (<i>Panagrellus redivivus</i>)	62%	17%	24%
Grindal worm (<i>Enchytraeus buchholzi</i>)	12%	10%	11%

Organism	Proteins	Carbohydrates	Lipids
Water flea (Cladocera)	50%	4%	19%
Artemia (<i>Artemia</i> sp.)	57%	11%	16%
Amphipods (Amphipoda)	44%	9%	9%
Beetle (<i>Ulomoides</i> <i>dermestoides</i>)	27%	35%	21%
Fairy Shrimp (<i>Streptocephalus mackini</i>)	54%	7%	11%
Tubifex (<i>Tubifex tubifex</i>)	55%	4%	14%
Tenebrio (<i>Tenebrio molitor</i>)	51%	5%	37%

Pigmentation is one of the clearest indicators of health and quality. Living organisms are often rich in natural pigments, such as carotenoids (canthaxanthin, beta-carotene, lutein, astaxanthin, taraxanthin, zeaxanthin, and echinenone) (Maoka, 2020). Microalgae, crustaceans, and insects naturally acquire these pigments, and when consumed by fish, they are incorporated into chromatophores, the cells that reflect them. Notably, these natural colorants are incorporated more efficiently into fish tissues than artificial colorants and produce tones such as red, yellow, and orange (Sathyaruban et al., 2021). The result is more intense, natural coloration, a key factor for species of high ornamental and commercial value. Live food has several properties that make it the best choice for aquaculture. But what about its diversity, cultivation, and availability?

3. FOOD FOR THE INITIAL PHASES

Microalgae, or phytoplankton, are the primary food source for small fish. These photosynthetic microorganisms are found in aquatic systems, and phytoplankton is commonly known as “green water”. Rotifers, on the other hand, are microscopic animals and constitute the main component of zooplankton. Both groups are rich in proteins, lipids, and carbohydrates and can reach up to two millimeters in length, an ideal size for fry to feed on them (Napiórkowska-Krzebietke, 2017). Their extensive cultivation involves reproducing various species of these microorganisms in a single space, typically in water-filled containers placed outdoors to ensure the microalgae can photosynthesize, providing

food for the rotifers. In the end, this green water can be used as food for the fry in our culture (Image 1).

Image 1. Outdoor cultivation of phytoplankton and zooplankton.



Another microscopic organism well suited for feeding fish in the early stages is the vinegar eel (*Turbatrix acetii*). This nematode measures less than two millimeters long and feeds on bacteria that ferment sugar and fruit. Unlike phytoplankton and zooplankton, this organism has higher lipid than protein concentrations. Cultures are grown in glass containers with openings that should be covered with mosquito netting to prevent contamination by other organisms. The main requirement is apple cider vinegar mixed with water, and the primary consideration is to rinse it with water before adding it to the fish culture, as its acidity can alter the pH (Franco et al., 2025).

The free-living nematode (*Panagrellus redivivus*) and the annelid Grindal worm (*Enchytraeus buchholzi*) are widely used in aquaculture. The cultivation of these organisms is very similar, as it is carried out in plastic or glass containers with openings to ensure oxygen entry, and the openings should be covered with mosquito netting to prevent the entry of other organisms (Figueroa, 2009). In free-living nematode cultivation, commercial oats and water enriched with powdered milk are used to optimize the culture medium (Image 2). In Grindal worm cultivation, the most common substrate is coconut fiber, in which pet food pellets or pieces of ham or sausage are placed for feeding and subsequent reproduction (Image 3). Both cultures must be kept moist to support reproduction. It is advisable to carefully collect live food and rinse it with clean water before feeding it to the fish to avoid contaminating the cultures (Franco et al., 2025).

Image 2. Cultivation of free-living nematodes in a plastic container.



Image 3. Cultivation of Grindal worms on coconut fiber.



4. MENU FOR ALL SIZES

Water fleas (Cladocera) and amphipods (Amphipoda) are protein-, lipid-, and carbohydrate-rich crustaceans that inhabit freshwater, brackish, and terrestrial environments. These groups include species of various sizes, making them suitable as food for fish of different sizes. These crustaceans are filter-feeding aquatic animals that feed on organic matter; they can be cultured in aquariums or ponds (Image 4). The containers should be exposed to direct sunlight to support microalgae photosynthesis, which provides their food (Image 5). Various organic fertilizers, such as chicken manure or rice bran, can be used to ensure adequate organic matter in the culture. During the rainy season, it is advisable to cultivate in a covered or shaded area, as rain can cause substrate movement and alter water quality (Franco et al., 2025).

Image 4. Amphipods of the genus *Gammarus* observed under a microscope.

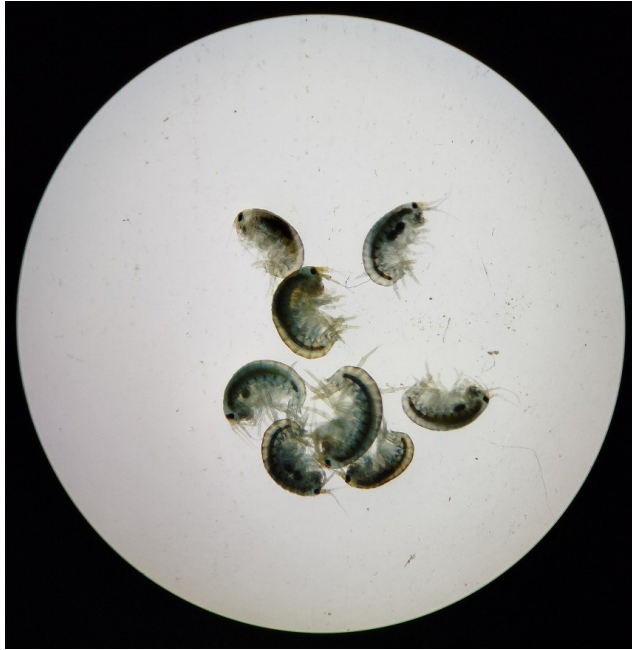
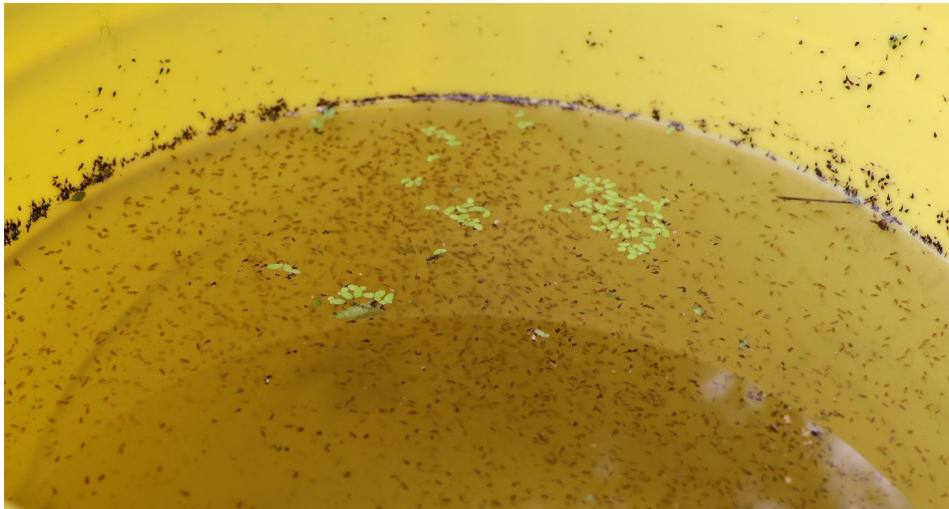


Image 5. Water flea of the genus *Daphnia* cultivated outdoors in a plastic bucket.



Another crustacean widely used in aquaculture is *Artemia* (*Artemia* sp.), perhaps the most famous organism in aquaculture feeding. It reaches a size of two centimeters in its adult stage, while in the nauplius stage it measures just 400 microns. Like water fleas and amphipods, *Artemia* varies in size throughout its life cycle and can be used as feed for fry, juvenile fish, and adults (Image 6). This organism is widely

distributed and commercially cultivated in aquaculture for its high protein content and adaptability to various salinity levels (Madkour et al., 2023). For extensive, non-technified cultivation, open-top tanks or tubs are used to ensure exposure to sunlight. The solution concentration is 15 grams of non-iodized coarse salt per liter of water. Artemia cysts are added to this medium, where they hatch, allowing the crustaceans to grow and reproduce. Artemia can affect the hardness and salinity of the fish water, so it should be rinsed with water before feeding. Another consideration is that excessive distribution of this food can cause intestinal blockage in fish due to the chitin present in crustaceans, so it is recommended to feed to satiety rather than in excess (Franco et al., 2025).

Image 6. Artemia observed under the microscope.



5. MAIN COURSE FOR THE BIGGEST

For breeding or juvenile fish of large size, tenebrio (*Tenebrio molitor*) and beetles (*Ulomoides dermestoides*) are excellent live food options. These organisms are orange-brown beetles in the larval stage and black as adults. They are high in protein and carbohydrates and go through the four stages of metamorphosis: egg, larva, pupa, and adult. The larvae can reach up to three centimeters in length, and

during this stage they are eaten by fish (Image 7). They can be cultivated in plastic containers of various sizes with small openings to ensure adequate oxygen. Wheat bran and bread are their primary food sources, and they obtain water from pieces of fruit or vegetables. The containers should be longer than they are tall to provide space for movement. Because these beetles exhibit cannibalism, it is recommended to keep the cultures separated by stage: one for larvae, another for pupae, and another for adults (Franco et al., 2025).

Image 7. *Tenebrio* larvae ready to be supplied as live feed for cichlid fish.



Finally, another little-known species: the fairy shrimp (*Streptocephalus mackini*). This crustacean inhabits temporary freshwater bodies because it is highly vulnerable to predation by fish and other aquatic organisms in permanent waters (Image 8). Fairy shrimp are an important source of protein and produce embryos in the form of cysts that can remain dormant for long periods. During drought seasons, these cysts remain viable until environmental conditions trigger their hatching. Cultures can be maintained in aquariums or open-air ponds without an aeration system. The cultivation of fairy shrimp should include a layer of soil at the bottom for these organisms to lay their eggs. Frequent cleaning is unnecessary given their feeding habits; it is recommended to feed them phytoplankton, as they are filter feeders (Salaza et al., 2007).

Image 8. Fairy shrimp observed under the microscope.



6. THE BEST, A MENU THAT CARES FOR OUR FISH AND THE PLANET

The wide variety of organisms and their diverse cultures provide aquaculturists with a broad range of live food. This resource can be used to replace commercial foods or to supplement their farms. The best part is that it benefits not only fish but also our natural ecosystems. Live food reduces water pollution on farms and in aquariums by avoiding the use of commercial feed. Additionally, using live foods helps mitigate global warming, since producing dried foods generates large amounts of greenhouse gases. Transitioning from a diet based solely on processed foods to one based on live foods is a significant step toward high-tech, high-performance aquaculture. Maintaining the hunting instinct and meeting the species' nutritional needs not only ensures survival but also produces healthier animals, faster growth, higher reproductive success, and more vibrant colors. Recognizing that live food is a complete biological package, not just an input, is key to ensuring that the organisms in our care not only survive in captivity but also reach their maximum genetic and commercial potential.

REFERENCES

Araujo, G. S., Silva, J. W. A. D., Cotas, J., & Pereira, L. (2022). Fish farming techniques: current situation and trends. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11), 1598. <https://doi.org/10.3390/jmse10111598>

- Arce, E., Franco, M., & Luna-Figueroa, J. (2018). The effect of live food on the coloration and growth in guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Agricultural Sciences*, 9, 171-179. <https://doi.org/10.4236/as.2018.92013>
- Evrendilek, G. A. (2024). The effect of aquaculture feed on the nutritional quality of farmed seafood: A review of feed ingredients and their impact on human health. *Food Nutrition Chemistry*, 2, 287. <https://doi.org/10.18686/fnc287>
- Figueroa, J. (2009). Nematodo de vida libre *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos. *Investigación y Ciencia*, 17(45), 4-11.
- Franco, M., García-Flores, A., Franco-Cotero, H., & Quiñonez-Maldonado, A. (2025). Cultivo y producción de alimento vivo para peces de ornato. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. https://doi.org/10.30973/2025/cultivo_alimento_peces
- Fuiman, L. A., & Magurran, A. E. (1994). Development of predator defences in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4(2), 145-183. <https://doi.org/10.1007/BF00044127>
- Madkour, K., Dawood, M. A., & Sewilam, H. (2023). The use of Artemia for aquaculture industry: An updated overview. *Annals of Animal Science*, 23(1), 3-10. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0041>
- Maoka, T. (2020). Carotenoids as natural functional pigments. *Journal of natural medicines*, 74(1), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>
- Napiórkowska-Krzebietke, A. (2017). Phytoplankton as a basic nutritional source in diets of fish. *Journal of Elementology*, 22(3), 831-841. <https://doi.org/10.5601/jelem.2016.21.4.1375>
- Salaza, M., Torres, J., Linares, H., & Luna-Figueroa, J. (2007). Efecto de diferentes fertilizantes orgánicos sobre el cultivo en laboratorio del camarón duende de agua dulce *Streptocephalus mackini* (Crustacea: Anostraca). *Aqua TIC*, 26, 16-22.
- Sathyaruban, S., Uluwaduge, D. I., Yohi, S., & Kuganathan, S. (2021). Potential natural carotenoid sources for the colouration of ornamental fish: a review. *Aquaculture International*, 29(4), 1507-1528. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00689-3>
- Samat, N. A., Yusoff, F. M., Rasdi, N. W., & Karim, M. (2020). Enhancement of live food nutritional status with essential nutrients for improving aquatic animal health: A review. *Animals*, 10(12), 2457. <https://doi.org/10.3390/ani10122457>
- Wilson, R. P. (1986). Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual review of nutrition*, 6, 225-244. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.06.070186.001301>

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 PENSE 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

Actinomicetos 108, 109, 112, 113

Aggregation 81, 83, 84, 86, 87, 89, 92, 96, 99, 101, 102, 103, 104, 105

Agricultura 33, 35, 36, 37, 38, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 54, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 122, 137, 151, 157, 174, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 196, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210

Agricultura inca 200, 201, 204, 206, 210

Agricultura regenerativa 65, 66, 67, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Agronegocio 33, 37, 38, 40, 44, 46

Análisis FODA 168, 170

Arroz 34, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136

B

Biodiversidad edáfica 66, 71

Biodiversity and biological monitoring 116

Biofertilizantes 120, 132, 133

C

Cadastral 1, 6, 14, 15, 16, 26

Climate change 1, 2, 3, 6, 7, 8, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 80, 198, 199

Coastal flooding 1

Colapso sociopolítico 187

Collected material available 116

Colombian Caribbean 1, 3, 4, 30, 121

Comercialización 41, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 182

Comportamento animal 151, 152, 162, 163, 164

Conservación ambiental 43, 50

Conservation and protection of species 116

D

Deforestación 187, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 196

Desarrollo rural 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 48, 49, 137, 167, 168, 174, 186

Desarrollo sostenible 30, 50

E

Economía circular 176, 184, 185
Ecosystem assessment 116, 165
Ecosystem engineers 81, 95
Ecoturismo 50, 52, 60, 62
Eficiencia de fertilización 120
Encabeçamento 151
Espectrofotometría 109, 110, 111, 112
Extensión rural 168, 169

F

Fenologia 151, 154, 159, 160, 161
Fish farming 139, 140, 148
Food fish 140

G

GPS tracking 151, 152

H

Hyphae 81, 87, 88, 89, 92, 93, 94, 100, 101

I

Impacts 1, 2, 3, 4, 7, 24, 26, 27, 28, 31, 47, 98, 101, 105, 198
Ingeniería de proyectos 176
Irrigación 200, 201, 202, 203, 205, 206, 209

K

Kraft 108, 109, 111, 112, 113

L

La Malinche 50, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

M

Mayas 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 197
Medios selectivos 109, 112, 113
Microorganismos beneficiosos 120, 123, 124, 125, 127, 130, 131, 132, 135

Modelo de acciones de sociología cultural 50

Moray 200, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 209, 210, 211

N

NPK 120, 121, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 137

Nutrición vegetal 120, 123, 132

O

Organosolv 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114

Ornamental fish 140, 149

P

Paisaje andino 200

Palma de aceite 33, 34, 36, 38, 41, 44, 45, 46

Pastoreio extensivo 150, 151, 152, 157

Pequeños productores 37, 38, 40, 44, 45, 47, 78, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Pisoteio 151, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164

Procesos termoquímicos 176

R

Raças autóctones 150, 151, 153, 159, 164

Remates ganaderos 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173

Residuos agroindustriales 176

Resiliencia agroecológica 66

S

Salud del suelo 66, 67

Sequía 72, 77, 125, 187, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196

Soberanía alimentaria 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47

Soil biodiversity 81, 90, 92, 106

Soil degradation 81, 87, 99, 101, 106

Sostenibilidad 47, 53, 66, 67, 71, 82, 120, 170, 172

Sostenibilidad agrícola 66

Sustainable aquaculture 140

T

Terrazas agrícolas 200, 204

Territorialidades rurales 33, 36, 38, 39, 42, 46

V

Valorización de biomasa 176

Vulnerability 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 101, 187



EDITORA
ARTEMIS

2026