

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 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 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 MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, *Universidad del Pais Vasco*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – *Universidad de Oviedo*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

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

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

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

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

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

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

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilingue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-08-6

DOI 10.37572/EdArt_260626086

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

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

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

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

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

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

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

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

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

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

Eduardo Eugênio Spers

Esalq/USP

SUMÁRIO

RECURSOS NATURAIS, SUSTENTABILIDADE E SAÚDE AMBIENTAL

CAPÍTULO 1..... 1

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

María José de Dios Duarte

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260861

CAPÍTULO 2.....25

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

Catalina Vargas Ramos

Graciela Hernández Moreno

Ma. De la Cruz Galindo Ceja

Alan León González Almaguer

Jorge Alejandro Gallegos de la Cruz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260862

PRODUÇÃO VEGETAL, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

CAPÍTULO 3..... 34

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

Eliecer Miguel Cabrales Herrera

Laura Sofia Osorio Barcenas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260863

CAPÍTULO 4..... 50

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

Rosa María Yáñez Muñoz

Juan Manuel Soto Parra

Esteban Sánchez Chávez

Ana Lilia Santana Díaz

Laura Raquel Orozco Meléndez

Ramona Pérez Leal
Nubia Guadalupe Torres Beltrán
Julio César Oviedo Mireles

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260864

CAPÍTULO 5..... 69

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

Dhia Gharabi
Magheni Benchohra
Ahmed Bellhabib
Abdelkarim Hassani

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260865

CAPÍTULO 6.....87

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

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260866

CAPÍTULO 7.....97

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

Lourdes Mateos-Espejel

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260867

GENÉTICA, BIOTECNOLOGIA E MELHORAMENTO DE CULTIVOS

CAPÍTULO 8..... 113

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

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260868

CAPÍTULO 9.....122

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

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2606260869

CAPÍTULO 10.....129

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

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Estela Flores-Gómez

Aída Margarita Zamora-Contreras

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608610

PRODUÇÃO ANIMAL, NUTRIÇÃO E SISTEMAS AQUÍCOLAS

CAPÍTULO 11.....136

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

Elmer Bonilla-Valverde

Juan Manuel Romo-Valdez

Jesús José Portillo-Loera

Ana Mireya Romo-Valdez

Laura Francisca Espinoza-Aguirre

Javier Alonso Romo-Rubio

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608611

CAPÍTULO 12.....162

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

Jorge Castro Mejía

Germán Castro Mejía

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608612

CAPÍTULO 13..... 175

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

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608613

CAPÍTULO 14..... 190

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

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

 https://doi.org/10.37572/EdArt_26062608614

SOBRE O ORGANIZADOR.....205

ÍNDICE REMISSIVO206

CAPÍTULO 9

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

Data de submissão: 30/05/2026

Data de aceite: 15/06/2026

Patricia Vázquez-Lozano

Instituto Politécnico Nacional

Unidad Profesional

Interdisciplinaria de Biotecnología

Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0002-5945-6307>

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

Instituto Politécnico Nacional

Unidad Profesional

Interdisciplinaria de Biotecnología

Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0003-3312-3747>

José Luis Arellano-Vázquez

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Campo Experimental Valle de México

Coatlinchán, México

<https://orcid.org/0000-0002-2231-2940>

Estela Flores-Gómez

Instituto Politécnico Nacional

Unidad Profesional

Interdisciplinaria de Biotecnología

Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0002-4634-455X>

Aída Margarita Zamora-Contreras

Instituto Politécnico Nacional

Unidad Profesional

Interdisciplinaria de Biotecnología

Ciudad de México, México

<https://orcid.org/0000-0003-4467-7817>

RESUMEN: El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante a nivel mundial debido a su valor nutricional, su versatilidad en la industria agroalimentaria y su relevancia en la seguridad alimentaria de muchas naciones. En particular, el maíz azul ha ganado interés por su contenido de antocianinas, pigmentos naturales que originan su color exótico y apetitoso y que poseen también propiedades antioxidantes y beneficios potenciales para la salud humana. Actualmente, la producción de maíz azul en México es insuficiente. Para incrementarla, en el Programa de Maíz Azul del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX, INIFAP) se han desarrollado híbridos de rendimiento alto, este es el caso del Vampiro H10. Entre las características deseables en un híbrido de maíz se tienen las dimensiones físicas y la identidad genética de las semillas, tanto de los progenitores como del híbrido mismo; en el presente estudio se abordaron ambos aspectos, para el primero se midieron peso, anchura, grosor y longitud de las semillas y, para el segundo, se aplicó la amplificación aleatoria del ADN polimórfico anclado por microsatélites (RAMPD, por sus siglas en inglés). El objetivo del trabajo fue

generar la huella genómica de los parentales del híbrido de maíz azul Vampiro H10 y relacionarla con los descriptores físicos de las semillas. En los atributos físicos evaluados, el dendrograma distinguió dos grupos en las líneas parentales, uno formado por C y otro por A y B; el primero de ellos al 43 % y el segundo al 73 % de similaridad, este hecho se relacionó estrechamente con la genealogía de las referidas líneas; mientras que, las cruzas se diferenciaron (bifurcaron) al 70 % de similaridad. En el dendrograma molecular se definió específicamente cada línea al 74 % de similaridad, esto coincidió también con su genealogía; sin embargo, las cruzas simple y trilineal permanecieron unidas.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays*; antocianinas; características físicas; maíz azul.

PHYSICAL AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF THE LINES AND CROSSES COMPRISING THE VAMPIRO H10 BLUE MAIZE HYBRID

ABSTRACT: Corn (*Zea mays* L.) is the most important crop worldwide due to its nutritional value, its versatility in the agri-food industry, and its relevance to the food security of many nations. Blue corn has gained interest because of its anthocyanin content, natural pigments that give it its exotic and appetizing color and also have antioxidant properties and potential benefits for human health. Currently, the production of blue corn in Mexico is insufficient. To increase it, in the Blue Corn Program at the Valle de México Experimental Field (CEVAMEX, INIFAP), high-yield hybrids have been developed, such is the case of Vampiro H10. Among the desirable characteristics in a maize hybrid are the physical dimensions and the genetic identity of the seeds, both parents and of the hybrid itself; in the present study, both aspects were addressed. For the first, the weight, width, thickness, and length of the seeds were measured, and for the second, random amplification of polymorphic DNA anchored by microsatellites (RAMPD) was applied. The aim of the work was to generate the genomic fingerprint of the parents of the blue maize hybrid Vampiro H10 and relate it to the physical descriptors of the seeds. In the evaluated physical attributes, the dendrogram distinguished two groups in the parental lines, one formed by C and the other by A and B; the first of them at 43% and the second at 73% similarity. This fact was closely related to the genealogy of the mentioned lines; meanwhile, the crosses were differentiated (branched) at 70% similarity. In the molecular dendrogram, each line was specifically defined at 74% similarity, which also coincided with their genealogy; however, single and three-way crosses remained united.

KEYWORDS: *Zea mays*; anthocyanins; blue corn.

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es de los cultivos más importantes a nivel mundial (Carvalho *et al.*, 2025) debido a su alto valor nutricional, su versatilidad en la industria agroalimentaria y su relevancia en la seguridad alimentaria de muchos países. En México, el maíz azul ha ganado interés por su contenido en antocianinas, compuestos con propiedades antioxidantes y beneficios potenciales para la salud humana (López-Martínez *et al.*, 2011), esto ha incrementado su consumo y provoca desabasto porque su producción, basada en variedades criollas, es insuficiente.

La formación de híbridos de maíz azul a partir del germoplasma criollo es una opción para elevar el rendimiento de este grano; por ello, en el Programa de Maíz Azul del Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales se han liberado comercialmente híbridos de rendimientos altos y con adaptación a la región agroecológica de los Valles Altos Centrales de México, con altitudes de 2400 a 2800 msnm, entre ellos se encuentra el híbrido trilineal Vampiro H10, el cual posee características de rendimiento superior a los criollos regionales, color de grano azul intenso y tolerancia a factores ambientales, particularmente a las heladas tempranas y tardías, que son muy frecuentes en esa región.

Para conocer el potencial agronómico de los híbridos señalados, es necesario caracterizar física y genéticamente las semillas, tanto de los genotipos parentales como del híbrido mismo; en el primer caso para estimar su rendimiento, susceptibilidad a insectos y posibilidades de siembra mecanizada (Salinas *et al.*, 2013) y, en el segundo, para identificar fehacientemente a todos los genotipos involucrados en el híbrido, ya sea para incremento de semilla o para fines de certificación de semillas.

En este sentido, la caracterización molecular mediante la amplificación aleatoria del ADN polimórfico anclado por microsatélites (RAMPD, por sus siglas en inglés) permite obtener el perfil genético específico de los materiales genéticos, de modo que se puede aplicar para evaluar la identidad y la pureza genética de semillas; además, proporciona información sobre la diversidad genética y la estabilidad de los híbridos analizados (Fu, 2015).

El objetivo del presente estudio fue generar la huella genómica de los parentales del híbrido de maíz azul Vampiro H10 y relacionarla con las características físicas (peso, anchura, grosor y longitud) de las semillas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. GENOTIPOS

Se utilizaron semillas de la secuencia de genotipos que conforman al híbrido trilineal de maíz azul Vampiro H10, fueron tres líneas endogámicas (A, B y C), la cruce simple (AxB) y la cruce trilineal [(AxB)xC]. Este híbrido se desarrolló en el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz Azul del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos (genotipos) utilizados en el estudio.

Tratamiento	Genotipo	Genealogía
Líneas		
A	L11	BXCC-54-11-1-1
B	L12	BXCC-5-9-6
C	L10	NXOAX-19-5-1-1-2
Cruzas		
D	(L11xL12)	BXCC-54-11-1-1)x(BXCC-5-9-6)
E	[(L11xL12)]xL10	[(BXCC- 54-11-1-1-1)x(BXCC-5-9-6)]x(NXO-AX-19-5-1-1-2)

2.2. VARIABLES FÍSICAS EVALUADAS

Las variables físicas de las semillas incluidas en el estudio fueron peso, anchura, grosor y longitud, todas ellas tomadas en cuatro repeticiones de 100 semillas de cada genotipo. Los promedios de estas variables se codificaron mediante la construcción de intervalos según la Regla de Sturges (1926): $K = 1 + 3.3 \log(N)$; donde N es el número total de datos.

Con los valores codificados se elaboró la matriz básica de datos, con la cual se construyeron los dendrogramas mediante el programa NTSYS, se utilizó el coeficiente de similitud de Dice.

2.3. DESARROLLO DE LA HUELLA GENÓMICA MEDIANTE LA AMPLIFICACIÓN ALEATORIA DEL ADN POLIMÓRFICO ANCLADO POR MICROSATÉLITES (RAMPD, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)

Se extrajo el ADN de los embriones de las semillas de los 5 genotipos (tratamientos) mencionados antes por el método Dellaporta y se aplicó el protocolo de la amplificación aleatoria del ADN polimórfico anclado por microsatélites (RAMPD, por sus siglas en inglés) descrito por Durán *et al.* (2011).

Los amplicones obtenidos se codificaron (1 para presencia de banda y 0 para su ausencia) para elaborar la matriz básica de datos, con la cual se elaboraron los dendrogramas en el programa NTSYS, con base en el coeficiente de similitud de Dice.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

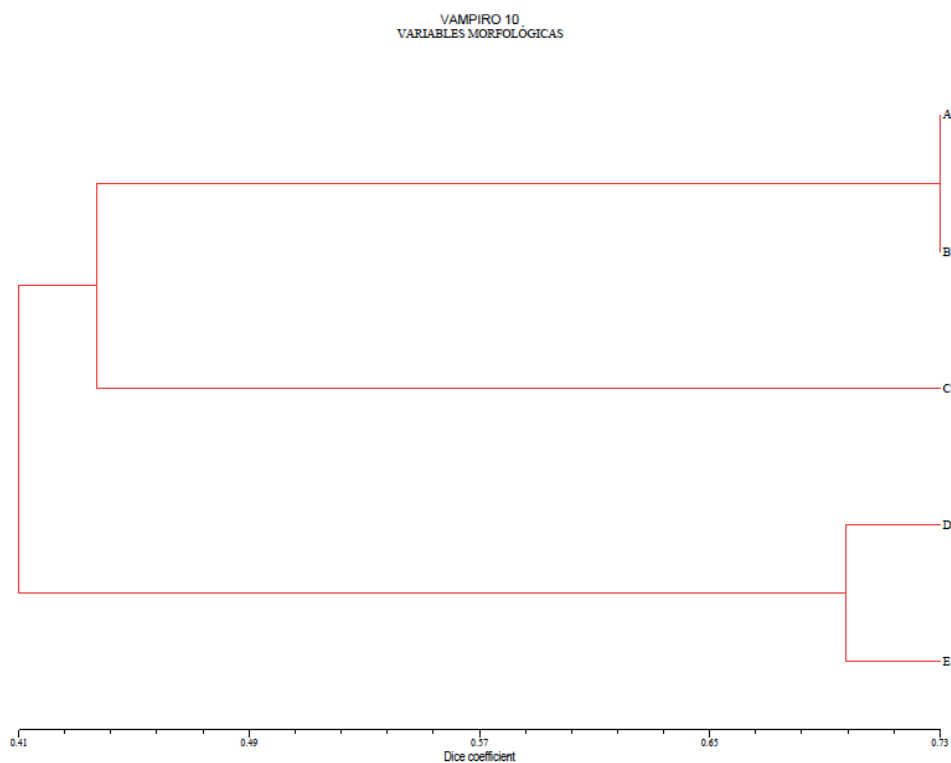
3.1. DENDROGRAMA FÍSICO (MORFOLÓGICO)

La agrupación física de las dimensiones físicas (morfológicas) de las semillas (Figura 1) mostró dos bloques desde el inicio del dendrograma (41 % de similitud), uno aglutinó a las tres líneas y otro a las cruas. Al incrementarse la similitud (43 %), la línea

C se separó de A y B y éstas se mantuvieron unidas hasta el término de ese conjunto del dendrograma físico (73 %). La similitud (semejanza) elevada entre A y B se puede atribuir a que fueron colectadas en la misma región y su genealogía fue cercana, por lo que sus dimensiones morfológicas fueron análogas, aunque diferentes a las de la línea C, cuyo linaje fue distinto (Cuadro 1).

Líneas endogámicas y cruzas carecieron de similitud entre sí desde el inicio mismo del dendrograma (41 %), resultado que se puede atribuir a la heterosis en los tratamientos D y E, cuyos efectos incrementaron las dimensiones de peso, anchura, grosor y longitud de semillas; este comportamiento se demostró en estudios previos (Gutiérrez-Hernández *et al.*, 2024) y se detectó en el análisis de similitud realizado.

Figura 1. Dendrograma físico (morfológico) obtenido para las variables peso, longitud, anchura y espesor de las semillas de los genotipos parentales del Vampiro H 10 (NTSYS, con base en el coeficiente de Dice).



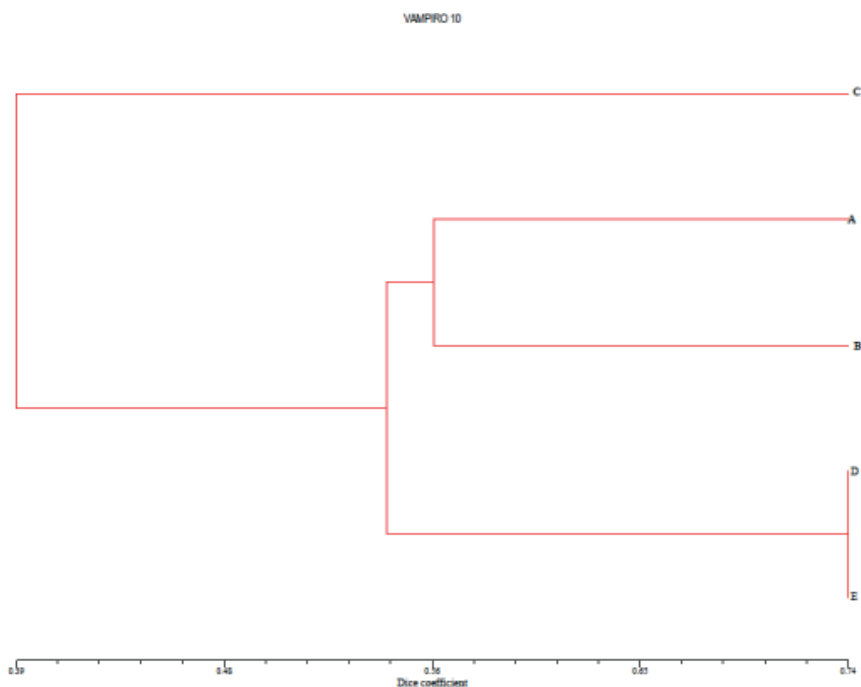
3.2. DENDROGRAMA MOLECULAR

La huella genética obtenida mediante la RAMPD (Figura 2) identificó individualmente a las tres líneas endogámicas (A, B y C), en tanto que las cruas (D y E) permanecieron unidas hasta el término del bloque.

El dendrograma obtenido evidenció las constituciones genotípicas de las líneas (Cuadro 1), esta situación fue más evidente en la C, que se mantuvo sin similaridad con las otras dos líneas debido a su genealogía completamente distinta, mientras que estas dos sí se derivaron de la misma colecta y se situaron en el mismo bloque llegando hasta el 56 % de similitud, valor a partir del cual se separaron.

Las cruza simple (D) y trilineal (E) mantuvieron similaridad alta (74 %) en el dendrograma molecular, esto se explicaría porque comparten gran parte de su genoma, ya que la cruza simple (D) fungió como progenitor femenino y se polinizó con L10 para formar la trilineal (E), que es precisamente el híbrido Vampiro H10.

Figura 2. Dendrograma obtenido para la amplificación aleatoria del ADN polimórfico anclado por microsatélites (RAMPD) de los embriones de las semillas de los genotipos parentales del Vampiro H10 (NTSYS, con base en el coeficiente de Dice).



4. CONCLUSIONES

En los atributos físicos evaluados (peso, anchura, grosor y longitud), el dendrograma distinguió dos grupos en las líneas parentales, uno formado por C y otro por A y B; el primero de ellos al 43 % y el segundo al 73 % de similaridad, este hecho se relacionó estrechamente con la genealogía de las referidas líneas; mientras que, las cruza se diferenciaron (bifurcaron) al 70 % de similaridad.

En el dendrograma molecular se definió específicamente cada línea al 74 % de similitud, esto coincidió también con su genealogía; sin embargo, las cruces simple y trilineal permanecieron unidas.

BIBLIOGRAFÍA

Carvalho, H. J. M., Camillo, G. H. T., Nabeshima, E. H. (2025). Harnessing the agronomic potential, nutritional value, and food applications of creole maize to promote food sovereignty in Latin America. *Plant Foods for Human Nutrition*, 80, 169. <https://doi.org/10.1007/s11130-025-01416-6>

Durán Hernández, D.; Gutiérrez Hernández, G. F.; Arellano Vázquez, J. L.; García Ramírez, E.; Virgen Vargas, J. (2011). Caracterización Molecular y Germinación de Semillas de Maíces Criollos Azules con Envejecimiento Acelerado. *Agronomía Mesoamericana* 22(1): 11 – 20.

Fu, Y. B. (2015). Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 128, 2131-2142.

Gutiérrez-Hernández, Germán F.; Arellano-Vázquez, José L.; Ceja-Torres, Luis F.; García-Mendoza, Martín F.; Flores-Gómez, Estela; Vázquez-Lozano, Patricia; Ramírez-Ortega, Francisco A. (2024). Seed quality assessment of the blue corn hybrid Vampiro H 10 (*Zea mays* L.) through its parental genotypes. *Agro Productividad* 17 (11) Supplement: 141-149. ISSN impreso 2448-7546 ISSN digital: 2594-0252. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i11.3127>

López-Martínez, R., Oliart-Ros, R. M., Valerio-Alfaro, G., Lee, C. H., Parkin, K. L., García, H. S. (2011). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Science and Technology*, 44(2), 328–332. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.010>

Salinas Moreno, Y., Aragón Cuevas, F., Ybarra Moncada, C., Aguilar Villarreal, J., Altunar López, B., Sosa Montes, E. (2013). Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(1), 23-31.

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