

VOL I

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2024

VOL I

Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers
(Organizador)



EDITORA
ARTEMIS

2024



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
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/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. 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 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-Yañez, *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 Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
 Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
 Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
 Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
 Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
 Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
 Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
 Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
 Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
 Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
 Prof. Dr. Sérgio 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 I [livro eletrônico] /
Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Artemis,
2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-19-2

DOI 10.37572/EdArt_300724192

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

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



APRESENTAÇÃO

O campo das ciências agrárias e ambientais está em constante evolução, refletindo a necessidade crescente de entender e gerenciar os recursos naturais e a produção agrícola de maneira sustentável.

O primeiro volume desta nova coletânea “**Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais**”, reúne 12 capítulos de destacados pesquisadores, oferece uma visão abrangente das investigações mais recentes em quatro eixos cruciais e complementares: ciências agrárias, ciências dos animais, ciências dos alimentos e ciências ambientais.

No eixo **Estudos em Ciências Agrárias**, os artigos exploram a variabilidade genética e os métodos de cultivo que podem influenciar a produtividade e a qualidade das culturas. O estudo da heterose em sementes híbridas de milho azul (cap. 1) revela como características superiores podem ser obtidas por meio de cruzamentos específicos. Adicionalmente, a análise do potencial genotécnico de híbridos e variedades sintéticas de milho azul (cap. 2) demonstra a importância da adaptação regional para maximizar a produtividade. A pesquisa sobre a manipulação de plantas de limão persa (cap. 3) e a propagação vegetativa do lúpulo (cap. 4) trazem insights sobre práticas de cultivo que podem otimizar a produção.

O eixo **Estudos em Ciências dos Animais** foca na saúde e na eficiência dos sistemas de produção animal. A detecção de imunoglobulinas contra *Anaplasma marginale* (cap. 5) é essencial para a compreensão das doenças bovinas, enquanto a avaliação da eficiência do uso de nutrientes em bovinos (cap. 6) pode melhorar a produtividade e a sustentabilidade das operações de pecuária. O estudo sobre a seroprevalência de *Mycobacterium avium* subespécie paratuberculosis em ovinos (cap. 7) oferece informações valiosas para o controle de doenças em sistemas de produção ovina.

Os artigos do terceiro eixo, **Estudos em Ciências dos Alimentos**, discutem a inovação e a funcionalidade na produção de alimentos. O potencial das sementes de *Moringa oleifera* (cap. 8) é explorado, destacando seus benefícios nutricionais e aplicações alimentares. Além disso, a dinâmica do status total de antioxidantes ao longo do processo de produção de vinho (cap. 9) revela como a qualidade do vinho pode ser monitorada e aprimorada, desde o suco até o produto final.

Finalmente, o eixo temático **Estudos em Ciências Ambientais** aborda questões cruciais relacionadas ao meio ambiente e à conservação. A investigação sobre a doença de manchas marrons e suas interações com hospedeiros (cap. 10) oferece uma visão sobre a gestão de doenças em agroecossistemas. Os avanços na conservação dos recursos genéticos de baunilha no México (cap. 11) são discutidos, evidenciando esforços para preservar espécies ameaçadas e a pesquisa sobre macrofauna bentônica em riachos (cap. 12) demonstra a importância dos organismos do solo para a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Este livro não só apresenta pesquisas inovadoras e relevantes, mas também promove uma integração de conhecimentos que é vital para enfrentar os desafios contemporâneos nas ciências agrárias e ambientais. Acreditamos que as descobertas aqui compiladas contribuirão significativamente para o avanço da ciência e para a implementação de práticas mais sustentáveis e eficientes.

Desejo a todos uma proveitosa leitura!

Eduardo Eugênio Spers

SUMÁRIO

ESTUDOS EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CAPÍTULO 1..... 1

EXPRESIÓN DE LA HETEROSIS EN SEMILLAS HÍBRIDAS DE MAÍZ AZUL

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Luis Fernando Ceja-Torres

Martín Filiberto García-Mendoza

Elpidio García-Ramírez

Estela Flores-Gómez

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241921

CAPÍTULO 2..... 10

POTENCIAL GENOTÉCNICO DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES SINTÉTICAS DE MAÍZ AZUL CON ADAPTACIÓN A VALLES ALTOS CENTRALES DE MÉXICO

José Luis Arellano-Vázquez

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

Luis Fernando Ceja-Torres

Martín Filiberto García Mendoza

Elpidio García Ramírez

Estela Flores-Gómez

Patricia Vázquez-Lozano

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241922

CAPÍTULO 3..... 18

COMPORTAMIENTO DE LA MANIPULACIÓN DE PLANTAS INJERTADAS DE LIMÓN PERSA DURANTE LA ETAPA DE PREPRODUCCIÓN DE PLANTA

Pablo Ulises Hernández Lara

Diana Rubi Ramos López

Felipe Mirafuentes Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241923

CAPÍTULO 4..... 24

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DO LÚPULO: EFEITO DO COMPRIMENTO DE ESTACAS E DOSES DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS

Dalva Paulus

Mateus Dall'Agnol

Dislaine Becker

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241924

ESTUDOS EM CIÊNCIAS DOS ANIMAIS

CAPÍTULO 5..... 35

DETECCIÓN DE INMUNOGLOBULINAS CONTRA *ANAPLASMA MARGINALE* EN BOVINOS DE TRES ESTADOS DE MÉXICO

Elizabeth Salinas Estrella

Mayra Elizeth Cobaxin Cárdenas

Roberto Omar Casteñada Arriola

Itzel Amaro Estrada

Sergio Darío Rodríguez Camarillo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241925

CAPÍTULO 6.....42

NUTRIENT USE EFFICIENCY EVALUATION OF BEEF CATTLE FEEDLOT

Andrea Wingartz Otaduy

Rafael Olea Pérez

José Luis Dávalos Flores

María Edna Álvarez Sánchez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241926

CAPÍTULO 7..... 49

SEROPREVALENCIA A *Mycobacterium avium* SUBESPECIE *paratuberculosis* POR RAZAS EN OVINOS EN TRES UNIDADES DE PRODUCCIÓN

José Vicente Velázquez-Morales

Marco Antonio Santillán-Flores

Dionicio Córdova-López

Juan Salazar-Ortiz

Ramón Soriano-Robles

Edgar Valencia-Franco

José Luis Ponce-Covarrubias

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241927

ESTUDOS EM CIÊNCIAS DOS ALIMENTOS

CAPÍTULO 8.....55

ALIMENTOS À BASE DE SEMENTES DE *Moringa oleifera*

Adèle Gautier

Carla Margarida Duarte

Isabel de Sousa

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241928

CAPÍTULO 9.....78

DYNAMICS OF TOTAL ANTIOXIDANT STATUS THROUGHOUT THE WINE PRODUCTION PROCESS: FROM JUICE TO FINISHED NON-ALCOHOLIC WINE PRODUCT

Andrejs Skesters

Anna Lece

Dmitrijs Kustovs

Gundega Gerke

Daina Garokalna

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3007241929

ESTUDOS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

CAPÍTULO 10..... 88

INSIGHTS INTO BROWN SPOT DISEASE: CAUSAL AGENTS AND HOST INTERACTIONS IN AGROECOSYSTEMS

Justino Sobreiro

Cláudia Sofia Batalha Neto

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30072419210

CAPÍTULO 11..... 101

AVANCES EN EL RESCATE Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS DE VAINILLA EN MÉXICO

Juan Hernández Hernández

Esmeralda J. Cruz Gutiérrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30072419211

CAPÍTULO 12 110

THE ROLE OF BENTHIC MACROFAUNA IN HEADWATER STREAMS, CHAPADA DOS
VEADEIROS, CENTRAL BRAZIL

Maria Júlia Martins Silva

Claudia Padovesi Fonseca

 https://doi.org/10.37572/EdArt_30072419212

SOBRE O ORGANIZADOR..... 120

ÍNDICE REMISSIVO 121

CAPÍTULO 2

POTENCIAL GENOTÉCNICO DE HÍBRIDOS Y VARIEDADES SINTÉTICAS DE MAÍZ AZUL CON ADAPTACIÓN A VALLES ALTOS CENTRALES DE MÉXICO

Data de submissão: 06/07/2024

Data de aceite: 15/07/2024

José Luis Arellano-Vázquez

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Valle de México
C. P. 56250. Coatlinchán
Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-2231-2940>

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional
Interdisciplinaria de Biotecnología
Av. Acueducto s/n
La Laguna Ticomán
C. P. 07340
Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0003-3312-3747>

Luis Fernando Ceja-Torres

Instituto Politécnico Nacional
Centro Interdisciplinario de
Investigación para el Desarrollo
Integral Regional Unidad Michoacán
Justo Sierra 28. C. P. 59510
Jiquilpan, Michoacán, México
<https://orcid.org/0000-0002-8397-0701>

Martín Filiberto García Mendoza

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional
Interdisciplinaria de Biotecnología
Av. Acueducto s/n
La Laguna Ticomán
C. P. 07340
Ciudad de México, México

Elpidio García Ramírez

Universidad Nacional
Autónoma de México
Facultad de Química
Av. Universidad y Copilco
Ciudad de México C.P. 04510
México

Estela Flores-Gómez

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional
Interdisciplinaria de Biotecnología
Av. Acueducto s/n
La Laguna Ticomán. C. P. 07340
Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-4634-455X>

Patricia Vázquez-Lozano

Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional
Interdisciplinaria de Biotecnología
Av. Acueducto s/n
La Laguna Ticomán. C. P. 07340
Ciudad de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-5945-6307>

RESUMEN: En el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, se ha efectuado mejoramiento genético del maíz azul para desarrollar genotipos mejorados con características superiores, en términos de rendimiento y precocidad, entre otros propósitos. Dado que es necesario conocer el potencial de estos materiales, el objetivo del presente trabajo fue reseñar la evaluación de híbridos y variedades sintéticas de maíz azul desarrollados en el CEVAMEX-INIFAP, que se efectuó en cuatro localidades de Tlaxcala, México. Se estudiaron 14 híbridos trilineales, diez variedades sintéticas de maíz azul y un maíz criollo también de grano azul, colectado en Tlaxcala, México. Las variables medidas fueron: días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, mazorcas por planta, acame, rendimiento de grano, densidad de población y plantas por parcela. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$). Se detectó que todas las variables fueron afectadas significativamente por los ambientes (localidades) de evaluación. Híbridos y variedades sintéticas también mostraron diferencias estadísticas entre localidades para floración femenina, grado de acame, mazorcas por planta y rendimiento de grano. Este último resultó influenciado significativamente por los ambientes de evaluación. Los genotipos evaluados superaron ampliamente al criollo regional utilizado como testigo, inclusive a densidades de población elevadas. Se concluyó que los materiales genéticos mejorados (híbridos y variedades sintéticas), fueron sobresalientes en rendimiento y caracteres de planta; por tanto, denotaron un potencial agronómico elevado y constituyen una alternativa para incrementar la producción de maíz azul en los Valles Altos Centrales de México.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays* L.. Fitomejoramiento. Hibridación. Maíz pigmentado. Maíz sintético.

GENOTECHNIQUE POTENTIAL OF HYBRIDS AND SYNTHETIC VARIETIES OF BLUE CORN WITH ADAPTATION TO THE HIGH CENTRAL VALLEYS OF MEXICO

ABSTRACT: In the Experimental Field of the Valley of Mexico of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (CEVAMEX-INIFAP), genetic improvement of blue corn has been carried out to develop improved genotypes with superior characteristics, in terms of yield and precocity, among other purposes. Since it is necessary to know the potential of these materials, the objective of this work was to review the evaluation of hybrids and synthetic varieties of blue corn developed at CEVAMEX-INIFAP, which was carried out in four locations in Tlaxcala, Mexico. Fourteen trilinear hybrids, ten synthetic varieties of blue corn, and one creole corn also with blue grain, collected in Tlaxcala, Mexico, were studied. The variables measured were days to female flowering, plant height, ear height, ears per plant, lodging, grain yield, population density, and plants per plot. The data were subjected to variance analysis and means comparison (Tukey, $\alpha = 0.05$). It was found that all variables were significantly affected by the evaluation environments (localities). Hybrids and synthetic varieties also showed statistical differences between localities for female flowering, degree of lodging, ears per plant, and grain yield. The evaluation environments significantly influenced the latter. The evaluated genotypes were widely superior to the regional creole used as a control, even at high population densities. It was concluded that the improved genetic materials (hybrids

and synthetic varieties) were outstanding in yield and plant traits; therefore, they showed high agronomic potential and constitute an alternative to increasing the production of blue corn in the Central High Valleys of Mexico.

KEYWORDS: *Zea mays* L.. Plant breeding. Hybridization. Pigmented corn. Synthetic corn.

1 INTRODUCCIÓN

Entre la variabilidad extensa del maíz (Kato *et al.*, 2009) se encuentra el azul, denominado así por el color que le confieren las antocianinas (Salinas *et al.*, 2013), pigmentos vegetales que se sintetizan el grano (Yang *et al.*, 2009) y se ubican en las vacuolas de pericarpio, aleurona, endospermo o embrión (Betrán *et al.*, 2001; Hernández-Uribe *et al.*, 2007; Salinas *et al.*, 2013). Las antocianinas son metabolitos secundarios hidrosolubles que se derivan de los flavonoides y son de color azul, púrpura o rojo (Salinas *et al.*, 2013).

El maíz azul es muy apreciado por los consumidores en amplia variedad de platillos de la cocina tradicional mexicana, tales como tortillas, tlacoyos y atoles, entre otros. A este alto grado de aceptación culinaria, actualmente se añade que se ha incrementado el interés industrial por este producto dadas las propiedades nutraceuticas y medicinales de las antocianinas. Además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes nutraceuticos útiles para la salud (reducción de problemas cardiacos, cancerígenos, tumorales, inflamatorios o de diabetes) (Aguilera *et al.*, 2011), así como para la nutrición y la obtención de productos dermatológicos y cosméticos como cremas antienvjecimiento, desmaquillantes o labiales. Por otra parte, las antocianinas del maíz se utilizan en la elaboración de colorantes de vinos, mermeladas, jugos de fruta y textiles (Boo *et al.*, 2012). En consecuencia, existe un déficit de más de 120 mil toneladas de este producto en la región de los Valles Altos Centrales de México (Arellano *et al.*, 2014). Esta región geográfica presenta altitudes de 2200 a 2600 msnm y abarca los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala.

Mediante el mejoramiento genético es factible incrementar los rendimientos unitarios de maíz azul y esto contribuiría a satisfacer la mencionada demanda creciente de este producto agrícola. Entre las estrategias posibles para esto se tienen la hibridación y la formación de variedades sintéticas. Con el uso de híbridos el rendimiento se puede elevar entre 50 y 60 % (Duvick, 2005; Lee y Tollenaar, 2007), debido al aprovechamiento de la heterosis (Gudeta *et al.*, 2015) y a través de las variedades sintéticas los incrementos son menores, pero tienen la ventaja de ser de polinización libre, no requieren de semilla certificada cada ciclo de siembra y se van adaptando a la zona donde se cultivan.

Una variedad sintética es de polinización abierta (libre), se puede formar a través de la recombinación de un conjunto de líneas (Bernardo, 2002) o con las generaciones avanzadas de un híbrido aplicando selección masal (Jugenheimer, 1981). Las generaciones avanzadas de los híbridos de maíz que se utilizan en las regiones de temporal de los Valles Altos, son equivalentes a variedades sintéticas y se cultivan ampliamente debido al éxito en rendimiento que tuvo el productor con la semilla original del híbrido y a que no se requiere comprar semilla anualmente. Las variedades sintéticas son considerablemente más variables genotípicamente que los híbridos de cruza simple o doble, esto les permite amortiguar condiciones de crecimiento y producción adversas, por eso pueden ser más confiables que los híbridos en áreas de precipitación pluvial escasa, con presencia de heladas tempranas o tardías y suelos de fertilidad escasa (Jugenheimer, 1981).

Arellano *et al.* (2013) establecieron que existe buen potencial de rendimiento en las variedades criollas regionales; sin embargo, estos maíces expresan inconvenientes como textura de grano harinosa y alto nivel de acame de planta en las etapas de floración y llenado de grano. Esto significa que es posible, con base en este germoplasma criollo, desarrollar híbridos y variedades sintéticas de maíz azul resistentes al acame, con mejor proporción de mazorcas por planta y textura de grano semicristalina. Además, se requiere que los materiales genéticos nuevos expresen rendimientos mayores, toleren o escapen por precocidad a las heladas tan frecuentes en los Valles Altos y soporten siembras mecanizadas y con densidades altas de plantas por hectárea.

Con base en los argumentos anteriores, el objetivo del presente trabajo fue reseñar la evaluación de híbridos y variedades sintéticas de maíz azul desarrollados en el CEVAMEX-INIFAP, que se efectuó en cuatro localidades de Tlaxcala, México.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIAL GENÉTICO

Se evaluaron 14 híbridos trilineales y 10 variedades sintéticas de maíz azul con adaptabilidad a altitudes de 2300 a 2700 m generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz Azul del Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CEVAMEX, INIFAP).

Se empleó como testigo un maíz criollo de grano azul, colectado en Tlaxcala, México. Ambos tipos de poblaciones se constituyeron con líneas S_5 , derivadas de: i) maíz azul de la raza Bolita, de porte bajo de planta, resistencia al acame y grano azul con buena dureza; ii) maíz azul de la raza Chalqueño con buen rendimiento de grano en Valles Altos,

coloración azul intensa y grano grande; iii) maíz blanco de híbridos comerciales de Valles Altos del INIFAP, como fuente de resistencia al acame, porte bajo y grano semicristalino.

Las localidades de evaluación fueron Benito Juárez, Huamantla, Tlacualpan y Calpulalpan, con altitudes de 2450 a 2600 msnm, todas ellas en el estado de Tlaxcala, México.

2.2 VARIABLES EVALUADAS

Los datos registrados fueron: días a floración femenina (FF, d) considerados como el número de días transcurridos de la siembra a la emergencia de los estigmas, altura de planta (AP, cm), medida desde la superficie del suelo hasta la base de la espiga, altura de mazorca (AM, cm) desde la superficie del suelo hasta la base de inserción de la mazorca principal, número de mazorcas por planta (MPP) resultante de dividir el número de mazorcas cosechadas por parcela entre el número de plantas por parcela al momento de la cosecha, calificación visual de acame (ACA), escala de calificación de 1 a 5, donde 1 es plantas sin acame y 5 acame total, rendimiento de grano (REND, t ha⁻¹, calculado al 14 % de humedad del grano), densidad de población a la cosecha (DP, miles de plantas por hectárea) número de plantas por parcela a la cosecha multiplicado por el factor de conversión de la superficie de la parcela respecto a una hectárea.

2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Con los datos registrados se hicieron análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Estos análisis se realizaron con el programa estadístico SAS (SAS, 1999).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.01$) para todas las variables entre localidades (Loc), para Var (que incluye híbridos y sintéticos) hubo significancia en FF, ACA, MPP y REND y, en la interacción Var x Loc, solo el rendimiento fue significativo (Cuadro 1), esto evidenció que la variación ambiental entre localidades afectó sensiblemente la expresión de todas las características analizadas; mientras que, la diferencia entre genotipos indicó la existencia de variabilidad genética para los caracteres medidos y la significancia de la interacción Loc x Var se causó por el efecto de las mencionadas fluctuaciones ambientales sobre el rendimiento.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para los caracteres evaluados en híbridos y variedades sintéticas de maíz azul en cuatro localidades de Tlaxcala, México.

F de V	g l	FF	AP	ACA	MPP	REND	DP
Loc	3	355.4**	9813.5**	22172.9**	0.2**	112631095**	805.9**
Rep (Loc)	8	41.6	264.4	327.0	0.3	675424.1	69.7
Var	24	15.2**	359.4	790.4**	0.1**	8240574.2**	36.8
Loc x Var	72	10.1	232.7	325.0	0.2	3469440**	77.0**
Error	192	8.1	273.1	225.3	0.01	295491	48.2
Total	299						
C V (%)		2.8	7.0	27.0	12.1	8.9	10.6

F de V=Fuente de variación; Loc=Localidades; Rep=Repeticiones; Var=Variedades; g l = grados de libertad; FF=Floración femenina (d); AP=Altura de planta (cm); ACA=Calificación de acame de planta (1 a 5); MPP=Número de mazorcas por planta; REND=Rendimiento de grano (ton ha⁻¹); DP=Densidad de Población (miles plantas ha⁻¹); **=Significativo ($\alpha=0.05$); C V=Coeficiente de variación. (Adaptado de Arellano *et al.*, 2013).

Todas las variedades sintéticas superaron estadísticamente el rendimiento del maíz criollo utilizado como testigo, a excepción de la VSA-907, con cantidades de 1.2 a 3.2 t ha⁻¹ (Cuadro 2). Respecto a la densidad de población de plantas registradas a la cosecha, se observaron de 62 291 a 67 395 plantas por hectárea, que representan densidades elevadas, propias para siembra de híbridos en áreas de buena productividad, esto indicó que los híbridos y variedades sintéticas bajo estudio respondieron favorablemente a la competencia entre plantas.

Cuadro 2. Promedios de rendimiento de grano, días a floración femenina y caracteres de planta de los híbridos y variedades sintéticas de maíz azul evaluados en cuatro localidades de Tlaxcala, México.

Variedad	REND (t ha ⁻¹)	FF (días)	AP (cm)	ACA (1-5)	MPP	DP (plts ha ⁻¹)
HA-911	10.2 a	99 a	237 a	1.2 c	1.1 b	67185 a
HA-901	10.1 a	97 b	236 a	1.6 a	1.3 a	67395 a
HA-914	9.9 a	98 a	238 a	1.6 b	1.2 a	65729 a
VSA-902	9.7 a	100 a	235 a	1.4 c	1.3 a	66014 a
HA-907	9.6 a	99 a	231 a	1.5 b	1.0 c	67500 a
HA-912	9.6 a	100 a	227 a	1.5 a	1.0 c	65000 a
HA-908	9.5 a	98 a	238 a	1.6 a	1.2 a	62708 a
VSA-904	9.5 a	100 a	226 a	1.6 b	1.2 a	65000 a
HA-913	9.5 a	99 a	240 a	1.6 a	1.2 a	62500 a
HA-902	9.4 a	99 a	243 a	1.6 b	1.0 c	66354 a
HA-910	9.4 a	100 a	242 a	1.4 a	1.1 b	66562 a
HA-906	9.3 b	99 a	231 a	1.7 a	1.1 b	66770 a
HA-905	9.2 c	100 a	233 a	1.5 a	1.0 c	64166 a
HA-903	8.8 d	98 a	230 a	1.6 a	1.0 c	63020 a
VSA-908	8.6 e	101 a	235 a	1.7 a	1.1 b	67500 a

VSA-903	8.6 e	101 a	240 a	1.6 b	1.2 a	67083 a
VS-910	8.4 f	101 a	230 a	1.5 b	1.2 a	63750 a
HA-904	8.2 g	98 a	243 a	1.4 a	1.0 c	63654 a
HA-909	8.2 g	100 a	226 a	1.6 a	1.0 c	65312 a
VSA-906	8.2 g	99 a	242 a	1.3 c	1.2 a	65312 a
VSA-901	8.0 g	100 a	227 a	1.4 c	1.2 a	64062 a
VSA-905	7.8 h	101 a	228 a	1.7 b	1.2 a	63020 a
VSA-909	7.7 i	101 a	231 a	1.6 b	1.2 a	65104 a
VSA-907	7.2 j	99 a	236 a	1.4 c	1.1 b	62291 a
Criollo	6.5 j	100 a	232 a	2.1 a	0.9 d	67601 a
Tukey ($\alpha=0.05$)	0.83	4.3	25.0	0.6	0.21	10530

En columnas, medias con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, 0.05). REND=Rendimiento de grano; FF=Días a floración femenina; AP=Altura de planta; ACA= Calificación de acame de plantas; MPP=Número de mazorcas por planta; DP=Densidad de Población a la cosecha, plantas ha⁻¹. (Adaptado de Arellano *et al.*, 2013).

4 CONCLUSIONES

Los híbridos y variedades sintéticas sobresalientes en rendimiento y caracteres de planta mostraron buen potencial agronómico en las localidades de estudio; por tanto, son una alternativa para elevar la producción de maíz azul en los Valles Altos. Las variedades sintéticas sobresalientes presentaron un rendimiento competitivo con respecto a los mejores híbridos.

REFERENCIAS

Aguilera Ortiz, M.; Reza Vargas, M.D.; Chew Madinaveitia, G.; Meza Velázquez, J.A. 2011. Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista Biotecnia*, XIII (2): 16-22. <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotecnia/2011/vol13/no2/2.pdf>

Arellano Vázquez, J.L.; Rojas Martínez, I.; Gutiérrez Hernández, G.F. 2013. Híbridos y variedades sintéticas de maíz azul para el Altiplano Central de México: potencial agronómico y estabilidad del rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (7): 999-101.

Arellano Vázquez, J.L.; Rojas Martínez, I.; Gutiérrez Hernández, G.F. 2014. Variedades de maíz azul Chalqueño seleccionadas por múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (18): 1469-1480.

Bernardo, R. 2020. *Breeding for quantitative traits in plants*. 3rd ed. Stemma Press, Woodbury, MN. 422 p. ISBN 978-0-9720724-3-4

Betrán, F.J.; Bockholt, A.J.; Rooney, L.W. 2001. Blue corn. In: A.R. Hallauer (ed.). *Speciality corns*. Iowa State University. Ames, Iowa, USA. pp. 293-337.

Boo, H.O.; Hwang, S.J.; Bae, C.S.; Park, S.H.; Heo, B.G.; Gorinstein, S. 2012. Extraction and characterization of some natural plant pigments. *Industrial Crops and Products* 40: 129-135.

- Duvick, D.N. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.) Adv Agron 86: 83-145.
- Gudeta, N.G.; Dagne, W.G.; Habtamu, Z.U. 2015. Heterosis and combining ability of highland quality protein maize inbred lines. Maydica 60: 1-12.
- Hernández-Uribe, J.P.; Agama-Acevedo, E.; Islas-Hernández, J.J.; Tovar, J.; Bello-Pérez, L.A. 2007. Chemical composition and *in vitro* starch digestibility of pigmented corn tortilla. Journal Science of Food Agriculture, 87: 2482-2487.
- Jugenheimer, R.W. 1981. Maíz: Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semilla. 1981. Traducción al español Piña, G.R. Limusa. México, D. F., 481 p.
- Kato Y., T.Á.; Mapes S., C.; Mera O., L.M.; Serratos H., J.A.; Bye B., R.A. 2009. Diversificación y distribución reciente del maíz en México. Origen y diversificación del maíz. México, D.F. 116 p.
- Lee, E.A.; Tollenaar, M. 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Sci 47: 202-215.
- Salinas M., Y.; García S., C.; Coutiño E., B.; Vidal M., V.A. 2013. Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/ morado de poblaciones mexicanas de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 36: 285-294.
- SAS (Statistical Analysis System). SAS Institute. 1999. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst. Cary, NC. USA.
- Yang, Z.; Chen, Z.; Yuan, S.; Zhai, W.; Piao, X.; Piao, X. 2009. Extraction and identification of anthocyanin from purple corn (*Zea mays* L.). International Journal of Food Science and Technology, 44: 2485-2492.

SOBRE O ORGANIZADOR

EDUARDO EUGENIO 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 PENZA 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

Alternaria alternata 88, 89, 92
Alternaria arborescens 88, 89, 92
Altitude Cerrado 111, 112
Anaplasmosis 35, 36, 37, 39, 40, 41
Anticuerpos 35, 36, 38, 39, 50, 51, 52
Antioxidants 78, 80, 81, 82, 86
Auxinas 25, 30, 31

B

Benthos 111, 113, 115, 116, 117
Biodiversidad 101, 109
Biological indicators 111, 118

D

Descritores de semilla 2
Diagnóstico 36, 50, 52, 53

E

ELISA anti-Map 50, 51, 52

F

Feedlot nitrogen efficiency 42
Feedlot phosphorus efficiency 42
Fermentação ácido-láctica 55, 59
Fitomejoramiento 11

G

Germinación de semilla 2
Germoplasma 8, 13, 101, 102, 103, 104, 108

H

Hibridación 2, 3, 7, 8, 11, 12
Humulus lupulus L 25, 33

I

Injertos 18

Inmunoprotección 36

logurte-tipo 55, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 68, 69, 70, 71, 72

L

Light microscopy 88

Limón Persa 18, 19, 20, 23

M

Maíz pigmentado 2, 11

Maíz sintético 11

Mass balance feedlot 42

N

Necrotrophic fungi 88

Non-alcoholic wine 78, 80, 83, 84, 86, 87

P

Paratuberculosis ovina 50, 54

Polyphenols 75, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Preservación 101

Prevalencia 35, 36, 37, 38, 39, 51, 52

Pristine waters 111

Producción de plantas 18, 19

Propagação vegetativa 24, 25, 26, 31, 32, 33

R

Raza 13, 50, 51, 53

Reologia 55

S

Stemphylium vesicarium 88, 89, 92, 95, 97, 99

T

Técnicas de manejo 18

V

Vanilla spp 101, 103

Vigor híbrido 2, 5

Z

Zea mays L 3, 8, 11, 12, 17