

VOL X

# AGRÁRIAS

PESQUISA E INOVAÇÃO NAS CIÊNCIAS QUE  
ALIMENTAM O MUNDO

EDUARDO EUGÊNIO  
SPERS  
(Organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS

2023

VOL X

# AGRÁRIAS

PESQUISA E INOVAÇÃO NAS CIÊNCIAS QUE  
ALIMENTAM O MUNDO

EDUARDO EUGÊNIO  
SPERS  
(Organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS

2023



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.

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

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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 Pointner 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. 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 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. 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 Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
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 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 Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



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.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 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)**

A277 Agrárias [livro eletrônico] : pesquisa e inovação nas ciências que alimentam o mundo X / Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-05-5

DOI 10.37572/EdArt\_301123055

1. Ciências agrárias – Pesquisa. 2. Agronegócio. 3. Sustentabilidade.  
I. Spers, Eduardo Eugênio.

CDD 630

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



## APRESENTAÇÃO

As Ciências Agrárias são um campo de estudo multidisciplinar por excelência, e um dos mais profícuos em termos de pesquisas e aprimoramento técnico. A demanda mundial por alimentos e a crescente degradação ambiental impulsionam a busca constante por soluções sustentáveis de produção e por medidas visando à preservação e recuperação dos recursos naturais.

A obra **Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo** compila pesquisas atuais e extremamente relevantes, apresentadas em linguagem científica de fácil entendimento. Na coletânea, o leitor encontrará textos que tratam dos sistemas produtivos em seus diversos aspectos, além de estudos que exploram diferentes perspectivas ou abordagens sobre a planta, o meio ambiente, o animal, o homem e a sociedade no ambiente rural.

É uma obra que fornece dados, informações e resultados de pesquisas tanto para pesquisadores e atuantes nas diversas áreas das Ciências Agrárias, como para o leitor que tenha a curiosidade de entender e expandir seus conhecimentos.

Este Volume X traz 14 trabalhos de estudiosos de diversos países, divididos em dois eixos temáticos: *Produtividade e eficiência na produção vegetal* e *Sustentabilidade e reaproveitamento produtivo*.

Desejo a todos uma ótima leitura!

Eduardo Eugênio Spers

## SUMÁRIO

### PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO VEGETAL

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

HIDROGELES DE QUITOSANO Y POLIACRILAMIDA SOBRE LAS PROPIEDADES EDÁFICAS Y EL CRECIMIENTO DE *Lupinus exaltatus*

Néstor Gutiérrez Pérez

Elizabeth García Gallegos

Oscar Gumersindo Vázquez Cuecuecha

Elizabeth Hernández Acosta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230551](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230551)

#### **CAPÍTULO 2..... 10**

FERTILIZANTE DE LENTA LIBERACIÓN COMPLEMENTARIO AL FERTIRRIEGO Y SU EFECTO EN PRODUCCIÓN DE LIMA MEXICANA

José C. García-Preciado

Silvia H. Carrillo Medrano

Miguel A. Manzanilla Ramírez

María Guzmán Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230552](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230552)

#### **CAPÍTULO 3..... 17**

COLORIMETRIC CHARACTERISATION OF TROPICAL WOODS

José Amador Honorato-Salazar

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230553](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230553)

#### **CAPÍTULO 4..... 26**

PANORAMA AGROECONÓMICO DE LA GUANÁBANA (*Annona muricata*) EN AMÉRICA

Emma Gloria Ramos Ramírez

Carlos García Pérez

María del Pilar Méndez Castrejón

Juan Alfredo Salazar Montoya

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230554](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230554)

**CAPÍTULO 5..... 38**

DESCRIPCIÓN FÍSICA DE SEMILLAS DE GENOTIPOS DE MAÍZ AZUL

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Luis Fernando Ceja-Torres

Estela Flores-Gómez

Patricia Vázquez-Lozano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230555](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230555)

**CAPÍTULO 6..... 44**

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE MALEZAS TOLERANTES AL GLIFOSATO

David Antonio Moreno Medina

Carmen Yazmin Rojas Cardona

Alma Cuellar Sánchez

Victor Becerra Ruiz

Esteban Montiel Palacios

José Luis Gadea Pacheco

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230556](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230556)

**CAPÍTULO 7..... 53**

ENFERMEDADES DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM* SPP.) EN MÉXICO

Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán

Francisco Javier Delgado Virgen

Jeovani Francisco Cervantes Preciado

Mario Orozco Santos

Claudia Yared Michel López

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230557](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230557)

**CAPÍTULO 8..... 88**

APERTURAS Y ESTRATEGIAS COMO MÉTODO EN LA ENSEÑANZA AGROPECUARIA

Rafael Menendez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230558](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230558)



**CAPÍTULO 9.....92**

COMPOSTAJE-VERMICOMPOSTAJE, APROVECHAMIENTO SECUENCIAL DE RESIDUOS VINÍCOLAS: PRIMEROS RESULTADOS

Manuela Andrés Abellán  
Marta Isabel Picazo Córdoba  
Consolación Wic Baena  
Manuela Rubio García  
Rocío Ballesteros González  
Francisco Ramón López Serrano  
Francisco Antonio García Morote  
Eva María Rubio Caballero  
Soledad Ramírez Guijarro  
José Manuel Flores López-Pintor  
Carlos García Izquierdo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011230559](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011230559)

**CAPÍTULO 10..... 100**

BIOPROCESOS PARA EL TRATAMIENTO DE FECAS CANINAS

Ian Homer Bannister  
María Teresa Varnero  
Fabian Abarza Villalobos

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112305510](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112305510)

**CAPÍTULO 11..... 114**

AS BEBIDAS DE LEGUMINOSAS COMO ALTERNATIVA AO LEITE: BEBIDAS DE GRÃO-DE-BICO E DE TREMOÇO COM DIGESTIBILIDADE MELHORADA E POTENCIAL BIOACTIVO PARA A SAÚDE HUMANA

Carla Margarida Duarte  
Joana Mota Guerreiro  
Ricardo Manuel Assunção  
Carla Martins  
Ana Cristina Ribeiro  
Ana Isabel Lima  
Anabela Raymundo  
Maria Cristiana Nunes  
Ricardo Boavida Ferreira

Isabel de Sousa

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112305511](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112305511)

**CAPÍTULO 12 .....142**

USO DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS PARA REDUCIR EL IMPACTO DEL HUANGLONGBING Y PROMOVER PRECOCIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN LIMÓN MEXICANO

Mario Orozco Santos

Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán

Karina de la Paz García Mariscal

José Concepción García Preciado

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112305512](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112305512)

**CAPÍTULO 13 .....162**

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MIXED PIGS FOR SUSTAINABILITY IN THE LEGAL AMAZON, BRAZIL

Leandro Macedo Miranda

Thiago Machado da Silva Acioly

Diego Carvalho Viana

Valene da Silva Amarante

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112305513](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112305513)

**CAPÍTULO 14 .....172**

MICROORGANISMOS E RESÍDUO AGROINDUSTRIAL VISANDO INCREMENTOS NA FERTILIDADE DE UM SOLO DEGRADADO

Jéssica Alves de Oliveira

Diego Gonçalves Feitosa

Flávia Mendes dos Santos Lourenço

Katia Luciene Maltoni

Ana Maria Rodrigues Cassiolato

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112305514](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112305514)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....183**

**ÍNDICE REMISSIVO .....184**

# CAPÍTULO 5

## DESCRIPCIÓN FÍSICA DE SEMILLAS DE GENOTIPOS DE MAÍZ AZUL

Data de submissão: 05/11/2023

Data de aceite: 21/11/2023

### **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  
ORCID: 0000-0003-3312-3747

### **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  
ORCID: 0000-0002-2231-2940

### **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  
ORCID: 0000-0002-8397-0701

### **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  
ORCID: 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  
ORCID: 0000-0002-5945-6307

**RESUMEN:** El maíz es alimento primordial de la humanidad, su cultivo se ha extendido a África subSahariana, Europa y Asia, además de Latinoamérica. La amplia variabilidad genética de este cereal le ha posibilitado incursionar en un sinnúmero de ambientes y el grano aporta carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. Las variedades pigmentadas de maíz (de grano rojo, amarillo o azul) se consideran un alimento funcional debido a su contenido de sustancias nutraceuticas que son benéficas para la salud y la nutrición humanas. El maíz azul contiene antocianinas

en el grano, ya sea en el pericarpio o en la capa de aleurona, este colorante vegetal les da su color peculiar y exótico. Este tipo de maíz es muy apreciado y consumido en la cocina mexicana; sin embargo, su producción es insuficiente por lo que se ha recurrido a formar híbridos con características sobresalientes, entre las que destacan las dimensiones de semilla por ser un factor determinante para la comercialización de los híbridos. El objetivo del presente trabajo fue determinar las diferencias en las dimensiones de las semillas de los genotipos parentales del híbrido de maíz azul HAZUL 10E. Se utilizaron semillas del híbrido trilineal experimental de maíz azul y de sus progenitores. Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas, se evaluaron el peso de 100 semillas, la anchura, el espesor y la longitud de las semillas; también se calcularon el volumen, el volumen y la densidad relativos de las referidas semillas. Se llevó a cabo un análisis de varianza de los resultados y la prueba de comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). Se obtuvo que las líneas provenientes de las cruza simple y trilineal tuvieron dimensiones mayores que las líneas parentales, hecho que se atribuyó a efectos de heterosis.

**PALABRAS CLAVE:** *Zea mays*. Antocianinas. Maíz azul. Tamaño de semilla.

## PHYSICAL DESCRIPTION OF BLUE CORN GENOTYPE SEEDS

**ABSTRACT:** Corn is the essential food of humanity. Its cultivation has spread to sub-Saharan Africa, Europe, and Asia, as well as Latin America. The wide genetic variability of this cereal has allowed it to grow in countless environments, and the grain provides carbohydrates, proteins, vitamins, and minerals. Pigmented varieties of corn (red, yellow, or blue grain) are considered functional food due to their content of nutraceutical substances that are beneficial for human health and nutrition. Blue corn contains anthocyanins in the grain, either in the pericarp or in the aleurone layer. This vegetable pigment gives them their peculiar and exotic color. This type of corn is highly appreciated and consumed in Mexican cuisine. However, its production is insufficient, so hybrids with outstanding characteristics have been developed. The seed dimensions stand out as being a determining factor for the commercialization of hybrids. The objective of this work was to determine the differences in the dimensions of the seeds of the parental genotypes of the blue corn hybrid HAZUL 10E. Seeds from the experimental trilinear hybrid of blue corn and its parents were used. A randomized block experimental design was used with four repetitions of 25 seeds. The weight of 100 seeds, width, thickness, and length of the seeds were evaluated. The volume, relative volume, and relative density of the seeds were also calculated. An analysis of variance of the results and the comparison of means test were carried out (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). It was obtained that the lines coming from the simple and trilinear crosses had larger dimensions than the parental lines, a fact that was attributed to heterosis effects.

**KEYWORDS:** *Zea mays*. Anthocyanins. Blue corn. Seed size.

## 1 INTRODUCCIÓN

Las antocianinas originan el color azul del grano de maíz (Salinas *et al.*, 2013), las cuales son pigmentos vegetales sintetizados a partir de la cianidina (Salinas *et al.*,

1999). Se localizan en el pericarpio y en la aleurona (Betrán *et al.*, 2001; Hernández-Uribe *et al.*, 2007); son hidrosolubles y tienen efectos metabólicos favorables: son antiinflamatorias, antioxidantes, reducen el colesterol y los triglicéridos en la sangre, inhiben la peroxidación de lípidos en el hígado y se relacionan con la reducción de cáncer (Wang y Zeng, 2009; Soto-Vaca *et al.*, 2012). Por otra parte, de las antocianinas del maíz se derivan colorantes de vinos, mermeladas, jugos de fruta y textiles (Boo *et al.*, 2012). Pese a su importancia, la cuantificación de antocianinas solo se ha hecho en algunas razas de maíz (López-Martínez *et al.*, 2009).

La misma situación anterior prevalece en la caracterización física de las semillas, la cual tiene relación estrecha con su aptitud germinativa y con el vigor que potencialmente poseen y también es útil para identificar el híbrido o la variedad mejorada. En el presente estudio se hace la descripción física de las semillas de un híbrido trilineal experimental de maíz azul, cuyos atributos agronómicos y de rendimiento son sobresalientes y, por tanto, pasará a la etapa de validación en campos de cultivo de los productores y a su liberación comercial posterior.

Un factor crucial para la adopción de los híbridos de maíz por parte de los agricultores es que las semillas sean de calidad óptima en todas sus facetas; es decir, en su identidad genética, sanidad, capacidad germinativa y características físicas. En estas últimas se encuentra el peso, tamaño, densidad, etc. Precisamente, con la finalidad de contribuir al conocimiento de estos atributos de las semillas se llevó a cabo el presente estudio, cuyo objetivo fue describir físicamente las semillas de la secuencia parental de genotipos que integran el híbrido trilineal de maíz azul HAZUL 10E.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas del híbrido trilineal experimental de maíz azul HAZUL 10E y de los genotipos que lo conformaron (líneas endogámicas parentales CH1, CH2 y CH3; y cruza simple, CH4 y triple, CH5). Se midieron el peso (g) de 100 semillas (P100, en balanza analítica AE Adam P W 184, precisión de 0.1 mg), la anchura (AG), el espesor (EG) y la longitud (LG) de las semillas (vernier digital Mitutoyo CD-6 CSX); también se calcularon el volumen (VOL, mm<sup>3</sup>), el volumen relativo (VR, g/cm<sup>3</sup>) y la densidad relativa (DR, g/cm<sup>3</sup>) de las semillas (IBPGR, 1991; SNICS, 2014). Los experimentos se manejaron según un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas. Se hicieron análisis de varianza de los resultados y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables analizadas fueron altamente significativas ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 1), con coeficientes de variación menores al 7 %, siendo el más alto el correspondiente al volumen (VOL), con un valor de 6.6 %, y el más bajo correspondió a la longitud del grano (LG), esos datos denotaron una consistencia alta y uniforme en los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Cuadros medios y significancia estadística de las variables evaluadas en el estudio.

Variable (gl=4)	C. V. (%)	R <sup>2</sup> (%)	Cuadrado medio	Significancia
P100	4.2	98	157.6	**
VR100	4.8	96	94.4	**
LG	3.4	89	4.4	**
AG	3.5	87	1.6	**
EG	4.2	72	0.4	**
VOL	6.6	91	24534.6	**
DR	6.5	80	0.1	**

g l = Grados de libertad, C. V. = Coeficiente de variación, R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación, \*\* = Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

Con base en los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>), se puede afirmar que el modelo experimental utilizado fue adecuado porque en su mayoría fueron mayores al 80 %, siendo la única excepción el espesor del grano (EG) en el que fue de 72 %.

Ahora bien, por los resultados del análisis de varianza antes referidos, es factible afirmar que el material genético empleado presentó una variabilidad alta entre genotipos y en todas las mediciones realizadas, esto permitió efectuar la comparación de sus valores medios (Cuadro 2).

Con fundamento en los niveles significativos arrojados por la prueba de Tukey, se obtuvo que las semillas de ambas cruzas tuvieron valores mayores ( $P \leq 0.05$ ) que las líneas en todos los descriptores físicos evaluados (P100, VR, LG, AG, EG, VOL y DR) (Cuadro 2), hecho que se puede atribuir a efectos heteróticos (Pfeiffer y McClafferty, 2007), dado que las citadas cruzas se derivaron del cruzamiento de las líneas parentales con alto nivel de endogamia.

Comparando las líneas entre sí, CH1 y CH2 fueron mayores que CH3 en todas las evaluaciones, excepto en AG y DR, y en ésta alcanzó el valor mayor ( $P \leq 0.05$ ), así que fue la más compacta junto con CH4.

En el mismo sentido, al comparar las cruzas, se observó que resultaron estadísticamente iguales en todas las mediciones, con excepción de VOL, medición en que la cruza trilineal (CH5) fue superior.

Fue claro que las mediciones físicas efectuadas variaron estadísticamente entre la secuencia de los genotipos parentales del híbrido trilineal bajo estudio, esto permitirá identificar cuantitativamente a cada uno de ellos y también, en un estudio subsiguiente, relacionar esa descripción física con su aptitud germinativa y nivel de vigor.

Cuadro 2. Comparación de medias de tratamientos de las dimensiones de semilla de los genotipos de maíz pigmentado bajo estudio.

Genotipo	P100 (g)	VR (mm <sup>3</sup> )	LG (mm)	AG (mm)	EG (mm)	VOL (mm <sup>3</sup> )	DR
Líneas							
CH1	22.1 b	20.8 b	11.6 bc	7.2 b	4.4 b	367.3 c	1.1 b
CH2	21.7 b	20.5 b	10.9 c	6.3 c	5.1 a	353.2 c	1.1 b
CH3	16.7 c	12.2 c	9.8 d	6.6 c	4.5 b	290.2 d	1.4 a
Cruzas							
CH4	31.4 a	23.0 a	12.1 ab	7.5 ab	4.8 ab	433.8 b	1.4 a
CH5	30.3 a	25.0 a	12.4 a	7.9 a	5.0 a	494.0 a	1.2 ab
DSH	2.3	2.1	0.9	0.5	0.4	55.7	0.2

En columnas, letras distintas indicaron tratamientos diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

## 4 CONCLUSIONES

Las características físicas de las semillas de la secuencia de genotipos del híbrido de maíz azul HAZUL 10E fueron significativamente diferentes entre sí. Las líneas mostraron dimensiones menores que las cruza simple y trilineal, y éstas solo resultaron diferentes entre sí en su volumen. Se obtuvo la caracterización física, en términos cuantitativos y estadísticos de las semillas de las líneas y las cruza simple y triple del HAZUL 10E.

## REFERENCIAS

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.

IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1991. Descriptores para maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Roma, Italia. 88 p.

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.

Hernández-Urbe, 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.

López-Martínez, L.X.; Oliart-Ros, R.M.; Valerio-Alfaro, G.; Lee, C.H.; Parkin, K.L.; García, S.H. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds, and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT-Food Science and Technology*, 42: 1187-1192.

Pfeiffer, W.H.; McClafferty, B. 2007. HarvestPlus: breeding crops for better nutrition. *Crop Science*, 47: S88-S105.

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.

Salinas M.Y.; Soto H.M.; Martínez B.F.; González H.V.A.; Ortega P.R. 1999. Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 22: 161-174.

SNICS (Sistema Nacional de Inspección y Certificación de semillas). 2014. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Ciudad de México, México. 39 p.

Soto-Vaca, A.; Gutiérrez, A.; Losso, J.N.; Xu, Z.M.; Finley, J.W. 2012. Evolution of phenolic compounds from color and flavor problems to health benefits. *Journal of Agricultural Food Chemical*, 60: 6658-6677.

Wang, Y.; Zeng, M. 2009. Studies on Zhuo-Zi N° 1, a purple hybrid in maize (*Zea mays* L.). *Maize Genetics Cooperation Newsletter*, 83: 2-3.



## 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

Acolchados 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 157, 158, 159

Adaptability 162, 163, 167

Ajedrez 88

América 8, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 39, 65, 68, 69

Animal production 162

Animal protein 162

Antocianinas 38, 39, 40, 43

Aprehender 88, 89

Aprovechamiento 2, 26, 27, 33, 34, 92, 102, 153

### B

Bacterias 7, 53, 54, 55, 59, 63, 66, 73, 79, 81, 83, 102, 174, 178, 181

Bebidas não lácteas 116

Bioaccessibilidade 116, 119, 120, 125, 127, 128, 129, 133, 134

Bioatividade 116, 124, 132

### C

Calibre 11, 14, 159

Caña de azúcar 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87

CIELab system 17, 18, 19, 20, 24

Cinza de biomassa de cana-de-açúcar 172, 173, 181

Citrus aurantifolia 11, 16, 142, 143, 144, 160

Colour 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 160

Compost 93, 94, 96, 98, 99, 106, 111, 113

Conservación del suelo 2

### D

Diaforina 143

Digestibilidade 114, 115, 116, 117, 119, 127, 129, 130, 135, 136

Digestión anaeróbica 100, 101, 103, 112

## E

Energía 28, 100, 101, 126

Enfermedades 12, 13, 15, 33, 35, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 81, 82, 83, 84, 85, 100, 101, 142, 155, 159

Excretas de perro 101

Exportación 3, 26, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37

## F

Frutos 10, 11, 13, 14, 15, 29, 31, 32, 144, 156, 173

## G

Glifosato oxidoreductasa 45

Glomus clarum 172, 173, 176, 177, 178, 179, 180

Guanábana 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37

## H

Heartwood 17, 18, 20, 22, 24

Herbicida 44, 45, 158

Hongos 3, 7, 53, 54, 55, 58, 62, 65, 69, 78, 79, 83

Huanglongbing 10, 11, 16, 142, 143, 144, 159, 160

## I

Integrar 88, 89, 90

## L

Leguminosas 2, 3, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 125, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136

## M

Maíz azul 38, 39, 40, 42

Mecanismo de resistencia 44, 45

Micorriza arbuscular 172

Morphometry 162, 168, 170

## P

Plantas 3, 4, 7, 8, 11, 14, 35, 44, 45, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 71, 72, 73, 76, 79, 81, 82, 83, 95,

115, 133, 146, 150, 157, 159, 172, 173, 174, 175, 178, 179, 180, 181, 182

Polímero natural 2

Polímero sintético 2

Problemas 3, 7, 10, 44, 78, 88, 89, 95, 100, 101, 110, 111, 113, 117, 144, 155

Producción 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 89, 91, 92, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 142, 143, 144, 145, 146, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 159, 160, 170

## Q

Quitina 2, 3, 8

## R

Raspajo 93, 94, 95, 96, 98

Resíduos 93, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 113, 116, 134, 172

## S

Sapwood 17, 19, 20, 22, 23, 24

Solubilização de fosfato 172

Soluciones 88, 101

Subproductos agroindustriales 93

## T

Tamaño de semilla 39

## V

Valor comercial 11, 14, 30

Vermicompost 93, 94, 96, 99

Virus 53, 54, 55, 61, 62, 64, 65, 68, 69, 76, 77, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 157, 160

## Z

Zea mays 39, 43, 182