

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

 EDITORA
ARTEMIS
2023

VOL III

Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços
e Possibilidades

Manuel Simões
(organizador)

VOL III

 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.

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. Manuel Simões
Imagem da Capa	Vivilweb/123RF
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 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. Dr. 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)

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades: vol. III / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-10-9

DOI 10.37572/EdArt_301123109

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.
I.Simões, Manuel.

CDD 574

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PREFÁCIO

O volume III da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia: Desafios, Avanços e Possibilidades” disponibiliza ao leitor um conteúdo essencialmente focado no estudo de plantas e interfaces para dar resposta a desafios científicos e sociais específicos. O desenvolvimento de conhecimento científico e de tecnologia para a produção sustentável de plantas, bem como o seu processamento e valorização é fundamental para a transição para uma bioeconomia e para a resposta a objetivos de desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas. O livro está organizado em 12 capítulos que focam essencialmente a investigação molecular de plantas, estudos de fisiologia, fitopatologia, cultivo e processamento, e novas aplicações de plantas e das suas moléculas (produtos fitoquímicos).

Manuel Simões

<https://orcid.org/0000-0002-3355-4398>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y GENÉTICA DEL AGUACATE CRIOLLO EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

María Genoveva Álvarez Ojeda

Víctor Pecina Quintero

Efraín Acosta Díaz

Isidro Humberto Almeyda León

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231091

CAPÍTULO 2..... 12

ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA ASOCIADA CON EL INTERCAMBIO GASEOSO DE NUEVE MORFOTIPOS DEL CULTIVO DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon - MASHUA

Chacón Campana Máximo Américo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231092

CAPÍTULO 3..... 38

LOCALIZACIÓN DE ANTOCIANINAS Y DUREZA DEL ENDOSPERMO EN GERMOPLASMA 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_3011231093

CAPÍTULO 4..... 44

PARDEAMIENTO Y PORCENTAJE DE BROTAÇÃO EN TUBÉRCULOS DE CLONES Y VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) INFECTADOS POR *Candidatus Liberibacter solanacearum*

Margarita Díaz Valasis

Víctor Manuel Parga Torres

María Genoveva Álvarez Ojeda

Ángel Ismael Narváez Rodríguez

Isidro Humberto Almeyda León

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231094

CAPÍTULO 5..... 54

ATAQUE DE *Frankliniella williamsi* HOOD (*Thysanoptera*: Thripidae) EN CULTIVARES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN TABASCO, MÉXICO

Dante Sumano López

Mario Rodríguez Cuevas

Víctor Hugo Arias López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231095

CAPÍTULO 6.....62

DISEÑO BOX-BEHNKEN USANDO EL CRITERIO DE DESEABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR *Aspergillus niger* ITV 02 A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DESLIGNIFICADO

Marin I. Infanzón-Rodríguez

Daniel A. Zavala-Ortiz

Javier Gómez-Rodríguez

Maria Guadalupe Aguilar-Uscanga

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231096

CAPÍTULO 776

IDENTIFICACIÓN DE *MELOIDOGYNE JAVANICA* NEMATODO AGALLADOR EN BEGONIA CULTIVAR COCKTAIL

Ramón Rodríguez Blanco

José Israel Rodríguez Barrón

Elia Cruz Crespo

Fabiola Cinco García

Miguel Díaz Heredia

Kennedy Antonio Cortez Isiordia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231097

CAPÍTULO 8..... 84





XANTONAS COMO AGENTES TERAPÉUTICOS PARA ENFERMEDADES INFLAMATORIAS DE LA PIEL

Mario E. Cancino-Díaz

Gabriel Betanzos-Cabrera

Juan C. Cancino-Díaz

 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231098

CAPÍTULO 9.....	96
RESISTÊNCIA BACTERIANA E COMPOSTOS NATURAIS: APLICAÇÃO DESTE CONCEITO NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS	
<p>Maria José Saavedra Manuel Simões Conceição Fernandes</p>	
 https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231099	
CAPÍTULO 10.....	106
CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DEL MANGLAR ENTRE 2009-2017 EN EL SISTEMA LAGUNAR DE CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA	
<p>Cristian Tovilla Hernández Rita Lorena Salas Roblero Erika María Villatoro Arreola</p>	
 https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310910	
CAPÍTULO 11.....	133
INFLUENCIA DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y EN LA FORMACIÓN DE ACEITE EN EL CULTIVO DEL OLIVO	
<p>Javier Hidalgo Moya Juan Carlos Hidalgo Moya Ana Leyva Bollero María del Carmen Jiménez Muñoz Daniel Pérez Mohedano Victorino Vega Macías</p>	
 https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310911	
CAPÍTULO 12.....	141
DESHIDRATACIÓN DE CHILE HABANERO PARTE I: EXPERIMENTACIÓN Y MODELADO	
<p>Carlos Orozco-Alvarez Gisela Palma-Orozco Jonathan Alcántara-Melgar Sergio García-Salas Enrique Hernández-Sánchez</p>	
 https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310912	
SOBRE O ORGANIZADOR	150
ÍNDICE REMISSIVO	151

CAPÍTULO 3

LOCALIZACIÓN DE ANTOCIANINAS Y DUREZA DEL ENDOSPERMO EN GERMOPLASMA DE MAÍZ AZUL

Data de submissão: 05/11/2023

Data de aceite: 20/11/2023

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

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

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

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

RESUMEN: Junto con el trigo y el arroz, el maíz es de los cereales más importantes del mundo, es componente esencial de la dieta humana, materia prima básica de la industria en la que se producen almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y combustibles. Los colores negros, morados y rojos que se observan en el endospermo del maíz son causados por pigmentos vegetales, entre los que sobresalen las antocianinas que le dan el color azul al grano de maíz. Las antocianinas están presentes en las vacuolas de las células de la capa de aleurona, endospermo o pericarpio del grano. Es importante conocer la ubicación específica del pigmento en el

grano porque de esto depende que se mantenga en el alimento que llega al consumidor después del proceso de nixtamalización. En el procesamiento alcalino-térmico del grano se desprende el pericarpio de los granos, por lo que, si las antocianinas se localizan únicamente en esa estructura, se perderán. Otro factor por considerar en el maíz azul es la dureza del endospermo debido a que se relaciona directamente con la susceptibilidad a plagas de almacén y con la longevidad de las semillas. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue ubicar las antocianinas en los componentes morfológicos de la semilla y establecer el grado de dureza del endospermo de semillas de 14 genotipos de maíz azul. Las semillas se disecaron en sus estructuras morfológicas principales y se determinó la ubicación del pigmento y el grado de dureza del endospermo. Se obtuvo que los materiales genéticos acumularon las antocianinas en la capa de aleurona del grano, aspecto muy favorable para su valor alimenticio. Además, los genotipos mostraron heterogeneidad genética en el grado de dureza del grano. Por tanto, los genotipos analizados fueron útiles para formar híbridos y variedades mejoradas de maíz azul.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays*. Aleurona. Endospermo. Pericarpio.

LOCATION OF ANTHOCYANINS AND ENDOSPERM HARDNESS IN BLUE CORN GERMOPLASM

ABSTRACT: Along with wheat and rice, corn is one of the most important cereals in the world. It is an essential component of the human diet and a basic raw material for the industry, producing starch, oil, proteins, alcoholic beverages, food sweeteners, and fuels. The black, purple, and red colors observed in the endosperm of corn are caused by plant pigments, among which anthocyanins stand out, giving the corn kernel its blue color. Anthocyanins are present in the vacuoles of the cells of the aleurone layer, endosperm, or pericarp of the grain. It is important to know the specific location of the pigment in the grain because it determines whether it is maintained in the food that reaches the consumer after the nixtamalization process. In the alkaline-thermal processing of the grain, the pericarp of the grains is detached. Therefore, if the anthocyanins are located only in that structure, they will be lost. Another factor to consider in blue corn is the hardness of the endosperm because it is directly related to the susceptibility to storage pests and the longevity of the seeds. The objective of the present study was to locate anthocyanins in the morphological components of the seed and establish the degree of hardness of the endosperm of seeds of 14 blue corn genotypes. The seeds were dissected into their main morphological structures, and the location of the pigment and the degree of hardness of the endosperm were determined. It was found that the genetic materials accumulated anthocyanins in the aleurone layer of the grain, a very favorable aspect for its nutritional value. Furthermore, the genotypes showed genetic heterogeneity in the degree of grain hardness. Therefore, the analyzed genotypes were useful for forming hybrids and improved varieties of blue corn.

KEYWORDS: *Zea mays*. Aleurone. Endosperm. Pericarp.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el maíz rebasó al trigo y al arroz en importancia como componente esencial de la dieta humana a nivel mundial, estos cereales permanecieron

muchas décadas con el privilegio de ser los cultivos alimenticios principales, sobre todo el arroz.

El maíz también es materia prima básica en la industria de transformación con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (López *et al.*, 2009).

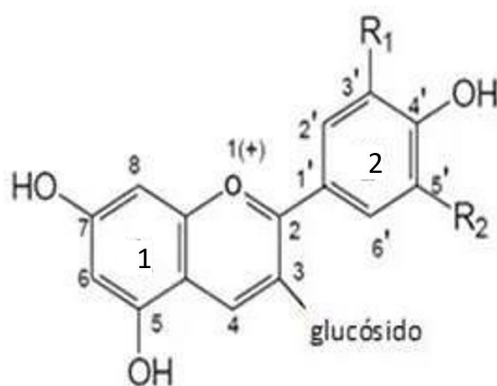
Entre las variantes múltiples del maíz, destacan los que presentan granos de color azul, en diversas variaciones y tonalidades de ese color, son los llamados maíces azules, clasificados como maíces pigmentados junto a otros, por ejemplo de color amarillo debido a su contenido de carotenos.

Los maíces azules sintetizan y acumulan antocianinas en las células de la capa de aleurona, en el endospermo o en ambos tejidos del cariósido, estos pigmentos vegetales se derivan de la cianidina y pelargonidina y son compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides (Salinas *et al.*, 2013).

Las antocianinas, que son moléculas cromóforas solubles en agua, poseen propiedades químicas relacionadas con la reducción de colesterol y triglicéridos del torrente sanguíneo humano; de las antocianinas del maíz también se obtienen pigmentos naturales útiles como colorantes de vinos, mermeladas y jugos de frutas. La principal fuente de antocianinas naturales, muy demandadas en la actualidad, son frutos rojos, vino y maíz azul.

El color de las antocianinas varía con el número de los sustituyentes químicos que estén presentes y con la disposición éstos en el grupo flavilio de la molécula.

Figura 1. Estructura y sustituyentes de las antocianinas. 1, anillo benzopirilo; 2, anillo fenólico. (Modificado de Hid *et al.*, 2010).



Los colores negros, morados y rojos que se observan en el endospermo del maíz son causados por antocianinas presentes en el endospermo, la capa de aleurona y/o pericarpio de la semilla o grano de maíz (Salinas *et al.*, 1999).

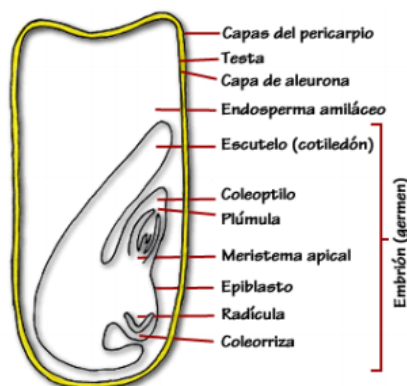
Actualmente, las antocianinas del maíz morado y azul están siendo usadas para la producción de tortillas azules. La incorporación de antocianinas como colorantes alimenticios, además de mejorar el aspecto visual del producto, son muy benéficas para la salud y, principalmente son de origen natural. Diversos estudios evidencian que los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, tienen actividad antioxidante, inactivan radicales libres y actúan como quimio protectores. Las antocianinas también asumen un papel relevante en el control de lípidos, secreción de insulina y efectos vaso protectores sanguíneos (Arellano *et al.*, 2013).

En la estructura de la semilla de maíz (Figura 2) las antocianinas se localizan en la capa de aleurona, en el pericarpio, o en ambas regiones, como ya se mencionó.

En un programa de desarrollo de híbridos y variedades mejoradas de maíz azul es menester conocer el tejido específico en el que se encuentran las antocianinas para encauzar los objetivos del fitomejoramiento hacia el aprovechamiento idóneo del germoplasma disponible, ya sea formar híbridos o variedades sintéticas, para su cultivo e ingesta directa, o bien, destinados a la extracción del pigmento (Salinas Moreno *et al.*, 2013). De igual manera, es relevante determinar la dureza del endospermo de los recursos genéticos disponibles de maíz azul, a causa de la susceptibilidad a plagas de almacén y escasa longevidad de semilla de este maíz pigmentado. En este sentido, se ha detectado variabilidad genética en el grado de dureza del grano, por lo es pertinente estimar esta característica en los recursos genéticos disponibles y dirigir el mejoramiento hacia la obtención de materiales mejorados con semillas compactas y con la mayor longevidad posible.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue ubicar las antocianinas en los componentes morfológicos de la semilla y establecer el grado de dureza del endospermo en 14 genotipos de maíz azul.

Figura 2. Componentes morfológicos de la semilla de maíz (https://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz/semillas.htm).



2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon semillas de 14 genotipos de maíz azul (Cuadro 1), las cuales se disecaron en sus componentes morfológicos: pericarpio, aleurona y endospermo (Figura 2) y se determinó la ubicación espacial de las antocianinas y el grado de dureza del endospermo. Para lo anterior, se tomaron 50 semillas por repetición y los experimentos se manejaron según un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos (Cuadro 1) evidenciaron que todos los genotipos del germoplasma disponible para el programa de mejoramiento genético, tienen las antocianinas en la capa de aleurona, circunstancia favorable para que dicho pigmento no se pierda durante la nixtamalización; por tanto, todos los materiales son susceptibles de utilizarse para formar híbridos o variedades.

Otro dato relevante fue que el tipo de endospermo sí varió ampliamente entre los 14 genotipos. Con este resultado se constató la variabilidad genética para ese carácter en los recursos genéticos disponibles.

En términos de las actividades genotécnicas, los resultados anteriores posibilitarán la derivación de líneas endogámicas y la planeación de los cruzamientos, sobre la base de que el pigmento de interés se localiza en la aleurona y no se perderá durante el proceso de nixtamalización. Aunque sí habrá que evaluar la relación del grado de dureza del endospermo con la cantidad de antocianinas presente en el grano. Estas evaluaciones serán adicionales por supuesto a la evaluación agronómica y de rendimiento de los materiales en proceso de mejoramiento.

Cuadro 1. Localización de las antocianinas y grado de dureza del endospermo en 14 genotipos de maíz azul.

Tratamiento	Genotipo	Ubicación pigmento	Endospermo
1	L 3	Capa de aleurona	Muy suave
2	L 4	Capa de aleurona	Suave
3	L 8	Capa de aleurona	Muy suave
4	L 9	Capa de aleurona	Intermedio
5	L 10	Capa de aleurona	Muy suave
6	L 11	Capa de aleurona	Suave
7	L 12	Capa de aleurona	Muy suave
8	L 11 x L 12	Capa de aleurona	Intermedio
9	(L 11 x L 12) X L 10	Capa de aleurona	Intermedio
10	L 9 x L 4	Capa de aleurona	Suave

11	(L 9 x L 4) x L 11	Capa de aleurona	Suave
12	L 10 x L 8	Capa de aleurona	Intermedio
13	(L10 x L 8) x L 3	Capa de aleurona	Intermedio
14	(L 11 x L 12) x L 3	Capa de aleurona	Duro

4 CONCLUSIONES

Las antocianinas se ubicaron en la capa de aleurona del grano en todos los genotipos del germoplasma evaluado, por lo que es posible utilizarlos para formar híbridos y variedades mejoradas de maíz azul, cuyo contenido del pigmento no se pierda con la nixtamalización. Por otra parte, la dureza del grano varió ampliamente entre genotipos.

En los recursos genéticos analizados se determinaron las cualidades de ubicación de las antocianinas y dureza del endospermo indispensables para formar híbridos y variedades mejoradas de maíz azul.

REFERENCIAS

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), 999-1011.

Hid-Cadena, R.; Bautista-Ortín, A.B.; Ortega-Regules, A.E.; Welte-Chanes, J.S.; Lozada-Ramirez, J.D.; Anaya de Parrodi, C. Cambios en contenido de compuestos fenólicos y color de extractos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) sometidos a calentamiento con energía de microondas. IX Congreso Nacional del Color. Alicante 2010. Universidad de Alicante, España. 300 – 303 pp. ISBN: 978-84-9717-144-1

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.

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.

SOBRE O ORGANIZADOR

Manuel Simões é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceite 1, 12, 38, 40, 44, 54, 62, 76, 80, 84, 96, 106, 133, 134, 135, 138, 139, 140, 141
Aceituna 134, 136, 138, 139, 140
Acné 84, 85, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95
Aguacate criollo 1, 2, 3, 4, 9, 10
Aleurona 38, 39, 40, 41, 42, 43
Anatomía *Tropaeolum tuberosum* 12
Antibióticos 88, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105
Aplicabilidade 96, 103, 105

B

Bactérias 78, 84, 88, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 105
Begonia 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82
Bioetanol 63, 64, 65, 68, 73, 74
Box-Behnken 62, 63, 66, 72, 75
Brotación 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52

C

Caracterización morfológica y genética 1, 2
Celulasas 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 73, 74
Chile habanero 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149
Compostos-bioativos 96
Conservación 65, 107, 131, 132, 145
Cultivares 9, 10, 11, 54, 78

D

Daños 54, 56, 78
Deficitario 134, 135, 137, 138, 140
Dermatitis atópica 84, 85, 86, 87, 88, 93
Diferencias finitas 142, 145

E

Ecofisiología 12, 35, 36
Educação 96

Endospermo 38, 39, 40, 41, 42, 43

I

Inflamación 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93

Invernadero 64, 76, 79, 82, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

M

Manglares 106, 107, 110, 118, 119, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Modelado 141, 142, 144, 145, 147, 148, 149

Monitoreo 106, 107, 108, 109, 112, 116, 120, 122, 126, 131, 132

Mortalidad 107, 109, 113, 114, 116, 118, 119, 122, 125, 126, 129

N

Nematodo del nudo de la raíz 77

O

Olivar 133, 134, 135, 139, 140

Optimización 62, 63, 65, 66, 70, 72

P

Papa 13, 32, 33, 35, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Pardeamiento 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52

Patrones perineales 76, 77, 80, 81

Pericarpio 38, 39, 40, 41, 42, 142

Piel 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 93, 144, 145, 146, 147, 148

Psoriasis 84, 85, 90, 91, 92, 93

Punta morada 44, 45, 46, 52, 53

R

Regeneración 107, 114, 116, 119, 120, 122, 126, 129

Resistência 44, 57, 77, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 103, 147, 148

Riego 3, 46, 108, 127, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

S

Secado 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

T

Trips 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61

Tropaeolum tuberosum 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 32, 33, 34, 36, 37

X

Xantonas 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

Z

Zea mays 39