

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL IV

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL IV

 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. Xosé Somoza Medina
<b>Imagem da Capa</b>	peacestock/123RF
<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.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> 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.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> 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)**

C569      Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico IV [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-11-6

DOI 10.37572/EdArt\_301123116

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologia – Aspectos ambientais. I. Somoza Medina, Xosé.

CDD 363.7

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



## PRÓLOGO

En este nuevo libro de la serie “Ciencia e Tecnología para o desenvolvimiento ambiental, cultural e socioeconómico” se han seleccionado diecisiete trabajos de gran calidad académica y capacidad de transferencia a la sociedad. Este último aspecto debe ser subrayado y puesto en valor. Un gran número de investigaciones publicadas en revistas de elevado nivel científico carecen de este impacto en la sociedad al desarrollar debates teóricos muy específicos que no tienen una traslación a la rutina diaria fuera de los laboratorios y aulas universitarias. En cambio, en todos los artículos que componen esta monografía se traslada de forma explícita la voluntad de las autoras y los autores de que sus investigaciones tengan un impacto real en la sociedad. Esta manera de actuar es una forma que tenemos las personas que nos dedicamos a investigar de devolver a la sociedad una parte de lo que se nos ha dado para poder dedicarnos profesionalmente a producir ciencia y tecnología.

Como en ocasiones anteriores, los trabajos publicados en este volumen se dividen en dos grandes apartados: Ciencia, con diez aportaciones, y Tecnología, con siete. En el primer apartado, Ciencia, sobresalen una serie de conceptos que muestran esa voluntad de transferencia a la sociedad, son innovación, gestión del conocimiento, y digitalización, aplicables principalmente a pequeñas y medianas empresas. El primer trabajo desarrolla el modelo de conocimiento e innovación sostenible en las PYMES, mientras que el siguiente capítulo estudia las condiciones necesarias para que surja la innovación y el tercero los sistemas de selección de personal en las PYMES a través del análisis de puestos. El cuarto capítulo analiza la innovación a través de un estudio de caso, concretamente el de una empresa familiar del sector de la construcción en México; el quinto traslada un diagnóstico de la transformación digital en las PYMES realizado en Bogotá y el sexto muestra como las características culturales afectan la planeación estratégica de las MIPYMES mexicanas. El séptimo trabajo estudia la capacitación digital de la demanda de turismo cultural en Michoacán. Los dos capítulos siguientes muestran nuevos modelos de gestión en las universidades, trasladables a las empresas, y el último trabajo desarrolla aspectos sobre la legislación mexicana en materia de protección de datos.

El segundo bloque de esta monografía, Tecnología, agrupa siete investigaciones aplicadas desde los campos de la ingeniería agrícola, geológica, o química. Los dos primeros trabajos son de agronomía, con investigaciones empíricas sobre residuos cítricos y maíz azul. El tercer trabajo analiza riesgos ambientales geológicos en la cuenca Inambari, en Perú y el cuarto trabajo las consecuencias de los incendios forestales en el Estado de Jalisco, México. Los tres capítulos siguientes desarrollan investigaciones de química aplicada, orientada a la electrólisis, las nanoestructuras o la metalurgia de las superaleaciones, que es el trabajo que cierra este volumen de “Ciencia e Tecnología para o desenvolvimiento ambiental, cultural e socioeconómico”.

Xosé Somoza Medina  
Universidad de León, España

## SUMÁRIO

### CIENCIA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

GESTIÓN DE CONOCIMIENTO E INNOVACIÓN SOSTENIBLE COMO BASE DEL ECOSISTEMA QUE FORTALECE LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

Ana Judith Paredes-Chacín

Fanery Andrea Hoyos-Giraldo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231161](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231161)

#### **CAPÍTULO 2..... 26**

¿DÓNDE NACE LA INNOVACIÓN? PERSPECTIVAS TEÓRICAS DESDE LAS CAPACIDADES DE LA EMPRESA

Moisés Librado-González

Ramón Inzunza-Acosta

Víctor Santiago-Sarmiento

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231162](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231162)

#### **CAPÍTULO 3..... 38**

INVESTIGACIÓN DE ANÁLISIS DE PUESTOS EN LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESAS (PYMES)

Giuseppe Francisco Falcone Treviño

Karina Ornelas Garza

Zaida Leticia Tinajero Mallozzi

Joel Luis Jiménez Galán

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231163](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231163)

#### **CAPÍTULO 4..... 79**

GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN PYMES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN: ESTUDIO DE CASO

Román Alberto Quijano García

Roger Manuel Patrón Cortés

Giselle Guillermo Chuc

Fidel Ramón Alcocer Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231164](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231164)

**CAPÍTULO 5..... 89**

**DIAGNÓSTICO DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN PYMES**

Zulma Julieth Avellaneda Avellaneda

Iván Fernando Suárez Lozano

Nairo Yovany Rodríguez Cabrera

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231165](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231165)

**CAPÍTULO 6..... 103**

**APROXIMACIÓN TEÓRICA AL CONCEPTO DE EVASIÓN A LA INCERTIDUMBRE Y ORIENTACIÓN A LARGO PLAZO EN LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS MIPYMES MEXICANAS**

Carlos Alberto Pérez Canul


Charlotte Monserrat Llanes Chiquini

Roger Manuel Patrón Cortés

Giselle Guillermo Chuc

Diana Concepción Mex Álvarez

Thania Tuyub Ovalle

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231166](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231166)

**CAPÍTULO 7..... 113**

**LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN DE PÚBLICOS PARA EL TURISMO CULTURAL EN LA ERA DIGITAL, EL CASO DE MICHOACÁN**

Omar Becerra Moreno

Tzitzitzi Erandi Becerra Moreno

Zoe Becerra Santacruz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231167](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231167)

**CAPÍTULO 8..... 126**

**LOS ECOSISTEMAS DE INVESTIGACIÓN EN LAS UNIVERSIDADES**

José Ángel Meneses Jiménez

Pedro Julián Ormeño Carmona

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231168](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231168)

**CAPÍTULO 9..... 133**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CONVENIOS**

Diana Concepción Mex Alvarez

Luz María Hernández Cruz

Charlotte Monserrat Llanes Chiquini



Carlos Alberto Pérez Canul  
Roger Manuel Patrón Cortés  
Thania del Carmen Tuyub Ovalle

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231169](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231169)

**CAPÍTULO 10.....143**

LA LEGISLAZIONE MESSICANA IN MATERIA DI PROTEZIONE DI DATI PERSONALI  
SODDISFA IL CRITERIO D'ADEGUATEZZA EUROPEO?

Eduardo Orozco Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311610](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311610)

**TECNOLOGÍA**

**CAPÍTULO 11.....159**

TRATAMIENTO DE RESIDUOS CÍTRICOS GENERADOS EN LA ZONA CENTRO-  
NORTE DE VERACRUZ PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

Yovani López González  
Neira Sánchez Zárate  
Heidi Anabel Jácome Sánchez  
Luis Alfredo Hernández Vázquez  
Edson Aldair Sánchez Ramos

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311611](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311611)

**CAPÍTULO 12..... 164**

CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS EN 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\\_30112311612](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311612)

**CAPÍTULO 13.....170**

PELIGRO GEOLÓGICO, SUSCEPTIBILIDAD Y RIESGO DE DESASTRE EN LA CUENCA  
INAMBARI

Newton Víctor Machaca Cusilayme  
José Mamani  
Sofía Benavente

Alexandre Campane Vidal

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311613](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311613)

**CAPÍTULO 14.....175**

ESTIMACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO PRODUCIDOS POR DIFERENTES CLASES DE COMBUSTIBLES FORESTALES EN EL ESTADO DE JALISCO

José German Flores-Garnica  
Ana Graciela Flores-Rodríguez  
Esteban Gottfried-Burguett

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311614](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311614)

**CAPÍTULO 15.....185**

OXYGEN REDUCTION REACTION ON FENSEC MATERIALS, THEIR ELECTROLYTIC ACTIVITY IN ACID MEDIA

Ricardo González-Cruz  
Idalia Rangel-Salas  
Ana B. Soto-Guzmán  
Ricardo Manríquez  
Omar Solorza-Feria

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311615](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311615)

**CAPÍTULO 16.....197**

NUEVAS NANOESTRUCTURAS DE MÍNIMO POTENCIAL DE LENNARD JONES Y MORSE

Carlos Barrón Romero

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311616](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311616)

**CAPÍTULO 17.....215**

ESTUDIO DE UNA SUPERALEACIÓN 718 SOLDADA CON EL PROCESO DE SOLDADURA GTAW DESDE UNA PERSPECTIVA TÉRMICA

Maria de Lourdes Hernández Rodríguez  
Ma. de Jesús Soria Aguilar  
Francisco Fernando Curiel López  
Jorge Leobardo Acevedo Dávila  
Ana Cecilia Palos Zuñiga

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112311617](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112311617)

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 227**

**ÍNDICE REMISSIVO .....228**

# CAPÍTULO 12

## CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS EN MAÍZ AZUL

Data de submissão: 05/11/2023

Data de aceite: 21/11/2023

### 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:** En el Altiplano Central de México, que incluye los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, con altitudes de 2200 a 2600 msnm, se siembran aproximadamente 150 mil hectáreas con maíz azul y se producen 300 mil toneladas de grano que son destinadas principalmente a la elaboración de alimentos tradicionales muy diversos y de alta demanda. El grano maíz azul contiene antocianinas en el pericarpio y/o en la capa de aleurona, estos colorantes proporcionan al cariósido su color característico, el cual asume una extensa variedad de intensidades y tonalidades según la constitución genotípica

de la variedad. Además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes nutracéuticos útiles para la salud y la nutrición, así como para la obtención de productos dermatológicos con valor agregado, tales como cremas antienvjecimiento, desmaquillantes, etc. Por lo anterior, el consumo de este tipo de maíz pigmentado se ha incrementado y su producción no satisface la demanda actual. Una opción para elevar la productividad del maíz azul es desarrollar híbridos de alto rendimiento en campo y con contenido elevado de antocianinas en el grano. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la cuantía de las antocianinas acumuladas en los granos de un híbrido trilineal de maíz azul, tanto en sus líneas como en sus cruas progenitoras. Para lograr lo anterior, se cuantificaron las antocianinas en los granos enteros del híbrido trilineal de maíz azul, en sus líneas endogámicas y sus cruas simple y trilineal. Se manejó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Se concluyó que las líneas endogámicas parentales alcanzaron niveles mayores del pigmento, en comparación con las cruas simple y trilineal.

**PALABRAS CLAVE:** *Zea mays*. Alimentos nutracéuticos. Maíz pigmentado. Pigmentos vegetales.

#### QUANTIFICATION OF ANTHOCYANINS IN BLUE CORN

**ABSTRACT:** In the Central Highlands of Mexico, which includes the states of Mexico, Hidalgo, Puebla, and Tlaxcala, with altitudes of 2200 to 2600 meters above sea level, approximately 150 thousand hectares are planted with blue corn, and 300 thousand tons of grain are produced, which are mainly destined for the preparation of very diverse and high-demand traditional foods. The blue corn grain contains anthocyanins in the pericarp and the aleurone layer; these pigments provide the caryopsis with its characteristic color, which assumes a wide variety of intensities and tones depending on the genotypic constitution of the variety. In addition to their functional role as colorants, anthocyanins are useful nutraceutical agents for health and nutrition, as well as for obtaining dermatological products with added value, such as anti-aging creams, makeup removers, etc. Due to the above, the consumption of this type of pigmented corn has increased and its production does not satisfy current demand. One option to increase the productivity of blue corn is to develop hybrids with high yield in the field and high anthocyanin content in the grain. Therefore, the objective of this work was to determine the amount of anthocyanins accumulated in the grains of a trilinear hybrid of blue corn, both in its lines and in its parental crosses. To achieve the above, anthocyanins were quantified in the whole grains of the trilinear hybrid of blue corn, in its inbred lines and its simple and trilinear crosses. A randomized block experimental design was used with four repetitions of 25 seeds. The results were subjected to analysis of variance and treatment means were compared with Tukey's test ( $P \leq 0.05$ ). It was concluded that the parental inbred lines reached higher pigment levels, than the simple and trilinear crosses.

**KEYWORDS:** *Zea mays*. Nutraceutical foods. Pigmented corn. Plant pigments.

## 1 INTRODUCCIÓN

En el Altiplano Central de México, región que abarca los estados de México, Hidalgo, Puebla y Tlaxcala, se siembran 150 mil hectáreas con maíz azul, las cuales producen 300 mil toneladas de grano que son destinadas principalmente a la elaboración de alimentos tradicionales, en su mayoría tortillas y harina (Arellano *et al.*, 2014). La demanda de grano de maíz azul en esta región del país rebasa las 450 mil toneladas para el aprovechamiento tradicional y 5 mil para la industria harinera. Para cubrir esta demanda se requieren nuevas variedades de maíz que tengan un mayor rendimiento, resistencia a factores ambientales, así como a enfermedades, además de una planta adecuada para siembras mecanizadas, alta densidad de población (Arellano *et al.*, 2013) y granos de color azul intenso y con contenido elevado de antocianinas.

Precisamente, el maíz azul se denomina así porque contiene antocianinas, las cuales le confieren este color y están localizadas en las vacuolas del pericarpio o en la aleurona del grano. Estos pigmentos representan el grupo más importante de pigmentos hidrosolubles detectables en la región visible del espectro de luz (Strack y Wray, 1994, citado por Garzón, 2008) y son responsables de los colores que van del rojo al azul en frutas, vegetales y cereales (Rosales Zárate, 2018).

Además de su papel funcional como colorantes, las antocianinas son agentes nutracéuticos útiles para la salud y la nutrición, así como para la obtención de productos dermatológicos con valor agregado para el consumo humano, tales como cremas antienvjecimiento, desmaquillantes, etc. Debido a lo anterior, el consumo de este tipo de maíz pigmentado se ha incrementado por lo que su producción no satisface esa demanda creciente señalada ya líneas arriba.

Una opción para elevar la producción del maíz azul es desarrollar híbridos de alta productividad en campo y con contenido elevado de antocianinas en el grano, por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la cuantía de las antocianinas acumuladas en los granos del híbrido trilineal de maíz azul H10E, así como también en sus líneas y cruza progenitoras.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los granos enteros de los genotipos que integran el híbrido trilineal experimental de maíz pigmentado HAZUL 10E, es decir, los granos de su secuencia parental: líneas endogámicas y cruza simple y trilineal (Cuadro 1).

Cuadro 1. Genotipos parentales del híbrido de maíz HAZUL 10E: Líneas y cruzas simple y trilineal.

Genotipo	Nivel de endogamia (%)
Líneas endogámicas	
L1	96.87
L2	96.87
L3	87.50
Cruzas	
Simple	
CH4 (L2 x L3)	
Trilinear	
CH5 [(L2 x L3) x L1]	

Para la determinación de la cantidad de antocianinas totales (AT), se molieron 25 semillas completas, al 12% de humedad, de cada genotipo por cada repetición, en un molino tipo ciclónico (UDY, 3010-080P, con malla de 0.5 mm); se deshidrató la harina en estufa a 65 °C durante 16 h. De la molienda, se emplearon 20 mg para la cuantificación de antocianinas mediante el método descrito por Galicia *et al.* (2012). Los resultados se expresaron en base seca, con referencia al cloruro de pelargonidina ( $\mu\text{g Pel/g}$ ), para lo cual se preparó una curva patrón con esta antocianina sintética. Los experimentos se manejaron de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza, los contenidos de antocianinas fueron altamente significativos ( $P \leq 0.05$ ) entre genotipos (Cuadro 2), con un coeficiente de variación del 0.7%, lo que indicó consistencia alta en los datos. El coeficiente de determinación fue elevado (99 %), por lo que el modelo experimental utilizado fue adecuado.

De acuerdo con lo anterior, es posible establecer que los genotipos bajo estudio expresaron contenidos estadísticamente diferentes de antocianinas.

Cuadro 2. Análisis de varianza de la acumulación de antocianinas en los granos de los diferentes genotipos de maíz azul bajo estudio.

Variable (g l=4)	C. V. (%)	R <sup>2</sup> (%)	Cuadrado medio	Significancia
AT	0.7	99	114850.7	**

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

Dada la variabilidad significativa entre genotipos (tratamientos) obtenida, se procedió a realizar la comparación estadística de las medias de tratamientos empleando el método de Tukey (Cuadro 3), este procedimiento permitió clasificar estadísticamente los genotipos en función de su nivel de antocianinas acumuladas en el grano.

Cuadro 3. Comparación de medias de tratamientos para la acumulación de antocianinas totales (AT) en los diferentes genotipos de maíz azul bajo estudio.

Genotipo	AT ( $\mu\text{g Pel/g}$ )
Líneas	
CH1	774.7 a
CH2	387.4 d
CH3	600.4 b
Cruzas	
CH4	419.5 c
CH5	393.7 d
Tukey (DSH)	7.5

Tukey = Diferencia mínima significativa. Letras distintas indicaron tratamientos diferentes (Tukey,  $P \leq 0.05$ ). Pel = Pelargonidina.

Con base en la prueba de comparación de medias, el contenido de antocianinas (AT) fue mayor en los genotipos L1 y L3 con 775 y 600  $\mu\text{g Pel/g}$ , niveles significativos de Tukey a y b, respectivamente (Cuadro 3); mientras que la craza simple, que se ubicó en el nivel significativo c, tuvo valores menores (420  $\mu\text{g Pel/g}$ ); por último, L2 y L5 mostraron las cantidades menores del pigmento y compartieron el último nivel de Tukey.

Fue claro que las líneas expresaron mayor acumulación de antocianinas y que éstas disminuyeron en la craza simple (L2 x L3) y más aún en la trilineal [(L2 x L3) x L1].

Para discutir el resultado anterior, se debe mencionar que las antocianinas están ubicadas en el pericarpio y la aleurona del grano que son tejidos de origen materno, y que L2, la línea con menor cantidad de antocianinas fungió como hembra en la craza simple, en tanto que L3, con cantidad intermedia del pigmento, se empleó como progenitor masculino (L2 x L3). Además, esa misma craza simple se utilizó como hembra de la craza trilineal [(L2 x L3) x L1], en la cual participó como donador de polen (macho) L1, que fue la línea con el nivel superior de antocianinas. Por tanto, sería conveniente evaluar la participación de L3 como línea hembra desde la craza simple, en términos de cuantía de antocianinas y también en cualidades agronómicas y rendimiento, aspectos en los que el

HAZUL10 fue superior y con estos propósitos fue desarrollado; sin embargo, sus granos no resultaron de contenido elevado de antocianinas, pero esto se corrige con creces al considerar su alto rendimiento, que fue de 8.2 ton ha<sup>-1</sup> en promedio de ambientes (Arellano *et al.*, 2013), en este argumento coinciden otros autores (Mendoza *et al.*, 2017).

La selección de los progenitores como hembra o macho incide sobre el desempeño agronómico y el rendimiento de los híbridos de maíz azul, pero no necesariamente coincide con mayor contenido de antocianinas en el grano.

#### 4 CONCLUSIONES

La cantidad de antocianinas fue significativamente superior en las líneas L1 y L3 con respecto a las cruces simple y trilineal. El híbrido trilineal de maíz azul HAZUL 10E expresó menor concentración de antocianinas en el grano que sus genotipos parentales; no obstante, esto se compensó por su alto rendimiento.

#### 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.

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.

Galicia, L.; Miranda, A.; Gutiérrez, M.G.; Custodio, O.; Rosales, A.; Ruiz, N.; Surlles, R. y Palacios R., N. (2012). Laboratorio de calidad nutricional de maíz y análisis de tejido vegetal. *Protocolos de laboratorio*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 58 p.

Garzón, G.A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13 (3), 27 - 36.

Mendoza Mendoza, C.G.; Mendoza Castillo, M.D.; Delgado Alvarado, A.; Castillo González, F.; Kato Yamakake, T.Á.; Cruz Izquierdo, S. (2017). Antocianinas totales y parámetros de color en líneas de maíz morado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40 (4), 471 - 479.

Rosales Zárate, V.I. (2018). Estabilidad gastrointestinal y bioactividad *in vitro* de antocianinas aisladas de zarzamora, fresa y cáscara de uva de vino en función de la presencia de iones divalentes de hierro, zinc, magnesio y calcio. Tesis Prof. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Enfermería y Nutrición. San Luis Potosí, SLP, México. 87 p.



## SOBRE O ORGANIZADOR

**Xosé Somoza Medina** (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis “Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000”. Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité “Monitoring cities of tomorrow” de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto Ourenseño de Desarrollo Local entre 2011 y 2015. Ha participado en diversos proyectos y contratos de investigación, en algunos de ellos como investigador principal, con temática relacionada con la planificación urbana, la ordenación del territorio, las nuevas tecnologías de la información geográfica, el turismo o las cuestiones demográficas. Autor de más de 100 publicaciones relacionadas con sus líneas de investigación preferentes: urbanismo, turismo, gobernanza, desarrollo, demografía, globalización y ordenación del territorio. Sus contribuciones científicas más importantes se refieren a la geografía urbana de las ciudades medias, la crisis del medio rural y sus posibilidades de desarrollo, la evolución del turismo cultural como generador de transformaciones territoriales y más recientemente las posibilidades de reindustrialización de Europa ante una nueva etapa posglobalización. Ha participado como docente en masters y cursos de especialización universitaria en Brasil, Bolivia, Colombia, Paraguay y Venezuela y como docente invitado en la convocatoria Erasmus en universidades de Bulgaria (Sofía), Rumanía (Bucarest) y Portugal (Porto, Guimarães, Coimbra, Aveiro y Lisboa). Ha sido evaluador de proyectos de investigación en la Agencia Estatal de Investigación de España y en la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Como experto europeo en Geografía ha participado en reuniones de la Comisión Europea en Italia y Bélgica. Impulsor y primer coordinador del proyecto europeo URBACT, “come Ourense”, dentro del Programa de la Unión Europea “Sostenibilidad alimentaria en comunidades urbanas” (2012-2014). Dentro de la experiencia en organización de actividades de I+D+i se pueden destacar la organización de diferentes reuniones científicas desarrolladas dentro de la Asociación de Geógrafos Españoles (en 2002, 2004, 2012 y 2018).

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Abonos orgánicos 159, 163

Administración Estratégica 54, 76, 89, 92, 94, 102

Agricultura sostenible 159

Alimentos nutraceuticos 165

Análisis de puestos 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Aporte térmico 215, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225

### C

Capacidades dinámicas 2, 21, 25

Competitividad 2, 9, 14, 28, 30, 34, 39, 41, 45, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 63, 66, 74, 76, 77, 79, 81, 86, 87, 88, 90, 93, 124

Comportamiento organizacional 104

Compost 159, 163

Conocimiento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28, 30, 33, 47, 48, 50, 51, 55, 59, 61, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 93, 100, 119, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 154, 202

Cuenca 170, 171, 174

### D

Desarrollo web 133

Descripción de puestos 39, 42, 47, 50, 56, 58, 62, 63, 67, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Deslizamiento 170, 174

Dimensiones culturales 103, 104

Dinámica molecular 197

### E

Ecosistema empresarial 2

Ecosistemas de investigación 126, 128, 129, 130

Educación 19, 24, 26, 34, 35, 89, 93, 101, 102, 113, 117, 118, 121, 127, 129, 130, 131

Electrocatalyst 185, 195, 196

Emisiones potenciales 175, 181, 182, 183

Empresa 7, 10, 12, 15, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 37, 40, 42, 43, 44, 45, 47,

49, 50, 51, 53, 54, 56, 58, 61, 63, 64, 65, 67, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 99, 100, 101, 104, 105, 107, 108, 111, 112, 216

Era digital 113, 116, 123

## F

Factor de conversión 175, 180

Formación profesional 113, 131

Fuel cell 185, 186, 196

## G

GDPR 143, 148

GEI 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183

Gestión del conocimiento 2, 3, 4, 5, 13, 18, 20, 79, 80, 81, 85, 86, 87, 88

Gestión de recursos humanos 39, 66, 73

Gestión de residuos 159

Gestión empresarial 2, 7, 8, 18, 21

GTAW 215, 216, 217, 218, 221

## I

Inambari 170, 171, 172, 174

Incendios forestales 175, 176, 177, 183, 184

Inconel 718 215, 216, 217, 218, 222, 223, 225, 226

Innovación 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 46, 48, 52, 53, 63, 66, 74, 75, 80, 83, 90, 91, 102, 114, 121, 128, 130, 132, 184

Innovación sostenible 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22

## L

Legislazione argentina 143, 151, 152

Legislazione messicana 143, 154

Livello adeguato 143, 149, 150

## M

Maíz pigmentado 165, 166

Michoacán 113, 114, 116, 119, 120, 123, 124, 125, 164, 215

## N

Nanoquímica 197

## O

Oxygen reduction 185, 186, 187, 191, 192, 193, 194, 195, 196

## P

Patrones de diseño 133

Peligro geológico 170, 174

Perfil del puesto 39, 72

Pigmentos vegetales 165

Planeación 20, 22, 34, 54, 76, 82, 97, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 111, 112, 177

Pyme 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 71, 72, 73, 74, 75, 79, 81, 87, 105, 111, 112, 124

Pyme familiar 79

PYMES 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 66, 68, 74, 75, 79, 81, 83, 88, 89, 90, 93, 94, 96, 101, 102

## Q

Química de materiales 197

## R

Rendimientos a escala 26

Residuos cítricos 159, 160, 163

Riesgo de desastre 170, 174

Rotating disc electrode 185, 188, 191

## S

Segregación y microestructura 215

Software 112, 133, 134, 136, 141, 142, 213

## T

Tafel slope 185, 193, 194, 195

Transformación Digital 89, 90, 91, 92, 93, 94, 100, 101, 102

Trasferimento internazionale di dati 143

Turismo cultural 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 227

## U

Universidades 4, 24, 125, 126, 128, 129, 130, 132, 227

## Z

Zea mays 165