

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL VII

 EDITORA  
ARTEMIS  
2025

# Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento  
Ambiental, Cultural  
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina  
(organizador)

VOL VII

 EDITORA  
ARTEMIS  
2025



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  
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – *New Jersey Institute of Technology*, Newark, NJ, Estados Unidos  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia  
 Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
 Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
 Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
 Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara*, México  
 Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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 Díaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
 Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
 Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
 Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México  
 Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México  
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
 Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
 Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
 Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> M<sup>a</sup>Graça Pereira, Universidade do Minho, Portugal  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
 Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*  
 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> Maurícea Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
 Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del País Vasco, Espanha  
 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> Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha  
 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 VII [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-76-5

DOI 10.37572/EdArt\_091225765

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

CDD 363.7

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



## PRÓLOGO

El presente volumen de ***Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Ambiental, Cultural y Socioeconómico*** reúne investigaciones que, aunque diversas en métodos, contextos y objetos de estudio, convergen en un propósito común: comprender y transformar las realidades socioambientales mediante la ciencia aplicada, la innovación tecnológica y el diálogo interdisciplinario. Para orientar esta pluralidad, como en ediciones anteriores, los capítulos se organizan en dos grandes ejes temáticos: Ciencia y Tecnología. No obstante, que nadie piense que los trabajos del primer bloque carecen de visión y aplicaciones tecnológicas o que los del segundo no nacen del más sincero rigor científico, es simplemente una forma de organizar los saberes, como en la antigüedad clásica que diferenciaban entre Artes Mayores y Menores.

La primera parte, ***Ciencia***, agrupa trabajos que examinan procesos históricos, sociales y productivos vinculados al desarrollo regional, en los que está presente, en todos ellos, las características propias de los lugares como elemento fundamental. Incluye la caracterización de tecnologías constructivas en sitios arqueológicos del Periodo Formativo andino, el análisis del bovino criollo mixteco como recurso zoogenético estratégico y motor potencial de desarrollo comunitario, la caracterización del sector frutícola en provincias clave de Argentina y la aplicación de técnicas geoestadísticas combinadas con el concepto C4 para el mapeo objetivo de biomasa que ayude a mitigar la plaga de los incendios forestales. Aunque provenientes de campos distintos, estos trabajos comparten una visión amplia de sostenibilidad, en la que convergen la preservación cultural, la innovación social, la valorización de recursos locales y la aplicación de metodologías experimentales con impacto directo en la gestión ambiental.

La segunda parte, ***Tecnología***, reúne estudios que abordan el uso de la inteligencia artificial en diagnósticos médicos, la seguridad alimentaria, fenómenos fisicoquímicos y sistemas inteligentes. Los capítulos aquí incluidos muestran cómo la ingeniería, la física aplicada, la química y las ciencias de los materiales pueden ofrecer soluciones concretas a problemas actuales. Este eje integra estudios sobre la evaluación comparativa de arquitecturas de inteligencia artificial aplicadas al diagnóstico temprano de diabetes tipo 2, el encogimiento del chicharo en secadores de lecho fluidizado para mejorar su conservación, el uso de aplicadores de microondas para un más eficiente tratamiento térmico de suelos y el diseño de sistemas domóticos alimentados con energía fotovoltaica. Se trata de contribuciones que destacan la relevancia de la investigación aplicada para avanzar en la eficiencia energética, la mejora de la salud y el desarrollo de prácticas sostenibles de alta precisión.

De este modo, el volumen VII reafirma el espíritu interdisciplinario de la colección *Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Ambiental, Cultural y Socioeconómico*. Aquí, la tecnología dialoga con el territorio, la modelización científica se entrelaza con saberes tradicionales y la innovación se presenta como puente entre los desafíos ambientales y el bienestar colectivo. Confiamos en que esta obra inspire nuevas investigaciones, motive lecturas críticas y contribuya al fortalecimiento de prácticas orientadas hacia un futuro más sostenible, justo e integrado.

Xosé Somoza Medina

SUMÁRIO

CIÊNCIA

**CAPÍTULO 1..... 1**

TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA EN EL SITIO ARQUEOLÓGICO BUENAVISTA (LA PAMPA, CORONGO – ÁNCASH) DURANTE EL PERIODO FORMATIVO

Efraín Vidal Espinoza  
Elsa Celina Sánchez Cacha  
Cesar Augusto Serna Lamas  
Fredy Oswaldo Loli Natividad  
Leopoldo Enrique Neglia Valderrama  
Victor Alberto Pocoy Yauri  
José Yovera Saldarriaga



[https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257651](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257651)

**CAPÍTULO 2.....17**

REVALORIZACIÓN Y CONSERVACIÓN GENÉTICA ANTE LAS DEMANDAS ECO-SALUDABLES Y ESTRATEGIAS DE VALOR AGREGADO COMUNITARIO

Martín Reyes García



[https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257652](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257652)

**CAPÍTULO 3.....27**

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR FRUTÍCOLA EN LAS PROVINCIAS DE BUENOS AIRES, SANTA FE Y ENTRE RÍOS (REPÚBLICA ARGENTINA)

Victorina Mariana Rivera Rúa  
Violeta Riolfo  
Rubén Marcelo Coniglio



[https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257653](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257653)

**CAPÍTULO 4..... 40**

CONCEPTO CONDICIONAL DE CARGAS COMBUSTIBLES -C4- PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS DE COMBUSTIBLES FORESTALES

José German Flores-Garnica



[https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257654](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257654)



TECNOLOGIA

**CAPÍTULO 5..... 54**

COMPARACIÓN DE ARQUITECTURAS DE APRENDIZAJE PROFUNDO GENERADAS POR IA (*COPILOT* VS. *DEEPSEEK*) EN LA CLASIFICACIÓN DEL CONJUNTO DE DATOS PIMA INDIANS DIABETES

Moisés García Villanueva  
Salvador Ramírez Zavala

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257655](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257655)

**CAPÍTULO 6..... 72**

INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE AIRE Y TEMPERATURA EN EL ENCOGIMIENTO DEL CHÍCHARO POR SECADO

Alejandro Díaz Medina  
Alexis Marco Antonio Romero Pérez  
Miguel Angel Pérez Fajardo  
Noe Jardon Romero Pérez  
Ivan Vladimir Molina Jaramillo  
Francisco Vidal Caballero Dominguez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257656](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257656)

**CAPÍTULO 7..... 82**

EXPERIMENTAL STUDY OF MICROWAVE SLOW WAVE COMB AND CERAMIC APPLICATORS FOR SOIL TREATMENT AT FREQUENCY 2.45 GHZ

Grigory Torgovnikov  
Graham Brodie

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257657](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257657)

**CAPÍTULO 8..... 93**

SISTEMAS DOMÓTICOS ALIMENTADOS CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Guadalupe García Toribio  
Heriberto Hernández Rodríguez  
José Luis Gutiérrez García  
Román Gutiérrez Marcos  
Israel Ildefonso García  
Luisa Angelica Viñas Meza

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_0912257658](https://doi.org/10.37572/EdArt_0912257658)

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 109**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 110**

## CAPÍTULO 6

### INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DE AIRE Y TEMPERATURA EN EL ENCOGIMIENTO DEL CHÍCHARO POR SECADO

Data de submissão: 14/11/2025

Data de aceite: 28/11/2025

#### Alejandro Díaz Medina<sup>1</sup>

Profesor de Asignatura  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Iztapalapa CDMX, México  
<https://orcid.org/0009-0007-0020-415X>

#### Alexis Marco Antonio Romero Pérez

Profesor de Asignatura  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Iztapalapa CDMX, México  
<https://orcid.org/0000-0002-5165-7235>

#### Miguel Ángel Pérez Fajardo

Profesor de Asignatura  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Iztapalapa CDMX, México  
<https://orcid.org/0009-0007-8108-8698>

#### Noe Jardon Romero Pérez

Profesor de Asignatura  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Iztapalapa CDMX, México  
<https://orcid.org/0009-0005-3324-6888>

#### Ivan Vladimir Molina Jaramillo

Profesor de Asignatura  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Iztapalapa CDMX, México  
<https://orcid.org/0009-0003-5727-8759>

#### Francisco Vidal Caballero Dominguez

Profesor de tiempo completo  
Carrera: Ingeniería Química  
Facultad de Estudios  
Superiores Zaragoza C. II  
Iztapalapa CDMX, México  
Universidad Nacional Autónoma de México  
<https://orcid.org/0000-0002-8483-9924>

**RESUMEN:** En este estudio se utilizaron granos de chícharo (*Pisum sativum*) para analizar su encogimiento en un secador de lecho fluidizado; dos variables independientes fueron propuestas, la velocidad de aire y la temperatura de alimentación al secador. Se generaron curvas de humedad y temperatura

<sup>1</sup> Facultad de Estudios Superiores Zaragoza C. II UNAM, Batalla 5 de mayo s/n, Col. Ejército de Oriente, C.P. 09320, Iztapalapa CDMX, México.

que permitieron observar que las temperaturas altas favorecen el encogimiento, sin embargo, el encogimiento es más pronunciado a bajos flujos, la explicación de este comportamiento es el aumento del tiempo de residencia en flujos menores de aire. Aunque el chícharo utilizado fue escaldado con el fin de preservar sus propiedades, al momento se requiere de un análisis complementario para concluir esta última afirmación. Las temperaturas de operación empleadas fueron 40, 50 y 60 °C respectivamente, mientras que los flujos de aire fueron establecidos como 1.5Umf, 1.8Umf y 2Umf, donde Umf es la velocidad mínima de fluidización cuyo valor experimental obtenido fue de 1.3 m/s y una porosidad de lecho de 0.4812.

**PALABRAS CLAVE:** chícharo (*Pisum sativum*); secador de lecho fluidizado; curvas de secado; velocidad mínima de fluidización.

## INFLUENCE OF AIR VELOCITY AND TEMPERATURE ON PEA SHRINKAGE DURING DRYING

**ABSTRACT:** In this study, peas grains (*Pisum sativum*) were used to analyze their shrinkage in their processing in a fluidized bed dryer; two independent variables were proposed, the air velocity and the feed temperature. Moisture and temperature curves were generated which allowed us to observe that the high temperatures favor the shrinkage. However, the shrinkage is more pronounced at low flows, the explanation for this behavior is the increase in residence time in lower airflows. Although the peas used were scalded in order to preserve their properties, a complementary analysis is required to conclude this last statement. The operating temperatures used were 40, 50 and 60 °C respectively, while the airflows were established as 1.5Umf, 1.8Umf and 2Umf, where Umf is the inimum fluidization velocity, the experimental value obtained was 1.3 m/s and a bed porosity of 0.4812.

**KEYWORDS:** pea drying; fluidized bed; drying curves; minimum fluidization velocity.

### 1. INTRODUCCIÓN

El secado es un proceso simultáneo de transferencia de masa y energía, en el cual se emplea calor para evaporar la humedad, la cual a su vez se remueve de la superficie del sólido, por medio de un agente externo (aire). En términos generales, el proceso de secado de un sólido puede presentar dos periodos de secado, uno a velocidad constante y el otro, a velocidad decreciente, lo cual dependerá del mecanismo que lo controla [Geankoplis, 2003].

El periodo de velocidad constante de secado se observa en productos donde la resistencia interna al transporte de humedad es menor que la resistencia externa para remover el vapor de agua de la superficie del producto. Lo anterior significa abundancia de agua libre en el producto a secar y se puede tratar como si el sólido no existiera. En el periodo de velocidad decreciente la superficie de la partícula a secar no está cubierta por una capa de agua, porque la resistencia interna a la humedad es mayor que la resistencia externa, esto trae como consecuencia una disminución de la velocidad de secado durante

el curso del proceso. Otra característica importante es la existencia de un gradiente de humedad dentro del producto. Esto limita el proceso de secado y es típico en granos semillas y cereales. En Chicharos por ejemplo existe una disminución del volumen del grano y depende de la humedad eliminada [Ruíz-Sánchez, 2014].

Dentro de las propiedades del chícharo, los prebióticos galacto-oligosacáridos, incluyendo rafinosa, estaquiosa y verbascosa compuesto por entre 3, 5 y 6,9% de las legumbres cocidas (peso seco). Por otra parte, los péptidos bio activos contienen comúnmente 3-20 aminoácidos por péptido con secuencias inactivas dentro de grandes proteínas que se liberan cuando la proteína matriz es hidrolizada por las enzimas digestivas (in vitro e in vivo), por las enzimas microbianas, o durante el procesamiento de alimentos [Dahl col. 2012]. La hidrólisis enzimática de las proteínas es un enfoque utilizado para liberar péptidos bioactivos y se aplica ampliamente para mejorar las propiedades funcionales y nutricionales de las fuentes de proteínas [Ochoa Pachas, 2017]. La actividad biológica de un péptido es ampliamente reconocida y pueden utilizarse en la formulación de alimentos funcionales y nutraceuticos para evitar daños relacionados con el estrés oxidativo en condiciones de enfermedades humanas.

En este trabajo se presenta un estudio de la influencia de la velocidad del aire y la temperatura del secado sobre el encogimiento del chícharo, se desea determinar las condiciones que aumentan el encogimiento de este grano, con miras a evaluar la actividad funcional de los componentes que permiten clasificarlo como prebiótico.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. PREPARACIÓN DEL GRANO DE CHÍCHARO

En este estudio se utilizó chícharo (*Pisum sativum*) en vaina, se desvainó. Después, se almacenó en bolsas herméticas (Ziploc) y se refrigeró a una temperatura de 5°C durante 24 horas para homogenizar su contenido de humedad [Honavar col. 2013].

Como fue mencionado anteriormente, los microorganismos influyen en la conservación de los alimentos, una manera de inhibir la actividad enzimática es el escaldado, tratamiento térmico que consistió en exponer los granos de chícharo en un baño de agua (95°C) durante tres minutos. Posteriormente se enfrió súbitamente en agua a 25°C.

### 2.2. DESCRIPCIÓN DEL SECADOR

La Figura 1 muestra al secador (h) el cual consiste en una columna cilíndrica de acrílico de 0.095 m de diámetro interno y 0.90 m de altura, Incluye un distribuidor de

diámetro externo de 0.092m y 85 orificios circulares de 0.002 m de diámetro interno, distribuidos en arreglo triangular (Pitch=10 mm). El aire utilizado se alimenta al secador mediante una tubería de acero al carbón de 0.0508 m de diámetro interno, pasa primeramente a una trampa de humedad (a) y se regula con una válvula de aguja (b). Mediante un panel de control automático (g) se controlan las resistencias eléctricas (f) que calientan el aire que se alimenta al secador, el cual tiene una válvula (d) que permite regular el flujo de aire alimentado que se cuantifica con un rotámetro FLOW CELL (e, 0-25 pie3 SCFM) ubicado sobre la tubería antes de la sección de calentamiento.

### 2.3. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD MÍNIMA DE FLUIDIZACIÓN

Se cargó la masa escaldada (700 grs.) de chícharo, y se abrió lentamente la válvula ubicada en la base del difusor hasta registrar una graduación del rotámetro, inmediatamente se leyó la presión en el manómetro y realizando los registros respectivos. La prueba descrita anteriormente se realizó también con el secador vacío. De este modo se generaron 2 tablas una con datos del secado vacío y la otra con el secador con la cantidad de chícharo. La forma de obtener la velocidad mínima de fluidización es mediante la resta de la caída de presión con chícharo y la lectura de presión con el secador vacío, dicha resta a velocidad constante. Este procedimiento se realizó para cada punto registrado. Finalmente, con la información generada se realiza la gráfica de Caída de Presión (resta mencionada) vs. Velocidad del aire.

### 2.4. CÁLCULO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN CON ERGUN

Para hacer el cálculo teórico de la caída de presión se usó la ecuación 1. Esta ecuación relaciona la caída de presión entre el largo del lecho con la velocidad los cuales se dan en dos términos, el viscoso e inercial. Así obteniendo una ecuación de segundo orden con respecto de la velocidad y con dos constantes las cuales son alfa y beta teniendo valores de  $\alpha = 150$  y  $\beta = 1.75$ . En conjunto con la viscosidad del aire de  $2.1\text{E-}5 \text{ kg/ms}$  y la densidad del fluido de  $1.1839 \text{ kg/m}^3$ . Para las partículas se tiene la altura del lecho con 0.27m y el diámetro de partícula el cual alrededor de 0.009m.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{\mu_f \alpha (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3 d_p^2} U + \frac{\rho_f \beta (1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3 d_p} U^2 \quad (1)$$

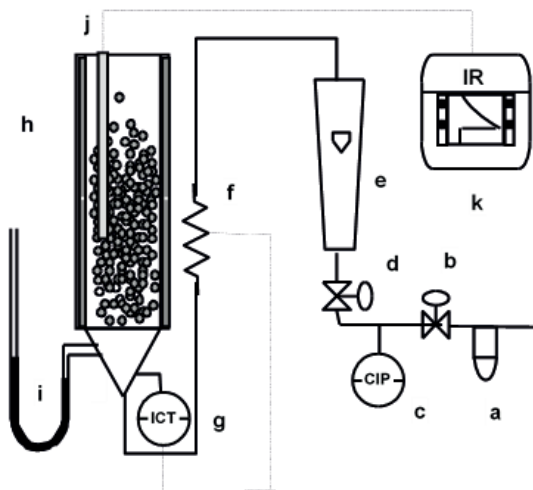
Con lo anterior es posible predecir el comportamiento del lecho antes que este fluidice y al igual que se puede deducir la porosidad efectiva. Para la obtención de esta se usó el método de mínimos cuadrados para el ajuste ecuación 3 con

respecto a su definición ecuación 2. Este modelo se resolvió utilizando las librerías que proporciona MATLAB.

$$S(\varepsilon) = \sum_{i=1}^n (\Delta P_i - f(U_i, \varepsilon))^2 \quad (2)$$

$$\varepsilon_{efectiva} = \arg \min_{\varepsilon} \sum_{i=1}^n \left( \Delta P_i - \left( \frac{\mu_f \alpha (1 - \varepsilon)^2}{\varepsilon^3 d_p^2} U_i + \frac{\rho_f \beta (1 - \varepsilon)}{\varepsilon^3 d_p} U_i^2 \right) L \right)^2 \quad (3)$$

Figura 1. Instalación del lecho fluidizado.



## 2.5. GENERACIÓN DE LAS CURVAS DE SECADO

Una vez que el termómetro marcó que el aire se encontraba en la temperatura de operación (50, 60 y 70°C) y determinado el flujo de aire (1.5Umf, 1.8Umf y 2 Umf), se agregaron de manera instantánea 700 grs. de chícharo (*Pisum sativum*). A diferentes intervalos de tiempo fueron extraídas muestras para determinar su humedad de modo que fueron pesadas y posteriormente conducidas a una estufa de convección mod. HFC-48 (RSU Labsupply) por un periodo de 1 día. Una vez conocida la masa seca se determinó la humedad basada en su definición [Ruíz-Sánchez, 2014].

La temperatura se determinó empleando una memoria Data logger colocada en la salida del secador para determinar la humedad en el aire y la temperatura de lecho, la información obtenida se vació directamente a una computadora. De manera simultánea en los intervalos de tiempo discutidos anteriormente diferentes semillas fueron extraídas para determinar su diámetro con la ayuda de un vernier.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD MÍNIMA DE FLUIDIZACIÓN

De acuerdo Figura 2 se observa primeramente una etapa donde cambios grandes de velocidad no provocan un aumento considerable de presión, en estas condiciones el aire percola las partículas de chicharo porque el flujo no es capaz de mover al sólido, posteriormente hay una relación proporcional entre la velocidad y la caída de presión, en estas condiciones el aire empieza a mover los sólidos. Finalmente se observan aumentos en la velocidad a partir de un punto que provoca el cambio de pendiente; en este valor de umbral, se encuentra la velocidad mínima de fluidización ( $U_{mf}$ ). Si introdujéramos un objeto, el lecho no ofrecería resistencia y por esta razón se modifica en forma libre, esta puede ser una prueba complementaria del valor  $U_{mf}$ , también se caracteriza porque ya no provocan grandes caídas de presión, esto es porque el chicharo se encuentra totalmente suspendido, en general una vez aumentada la velocidad se realizan disminuciones de flujos hasta cerrar el flujo totalmente. En este caso se realizó este procedimiento, pero no se encontró una diferencia sustancial, los puntos presentes proviene del promedio de tres corridas realizadas. El valor de la velocidad mínima de fluidización [Kunni y Levenspiel, 1991] fue de  $U_{mf}=1.3$  m/s. Se requiere un valor mayor a  $U_{mf}$  para mantener una buena transferencia de masa y energía.

Por este motivo es esencial determinar el valor  $U_{mf}$  y a partir de este conocimiento, se seleccionaron tres velocidades de aire basados en la  $U_{mf}$ . La Tabla I muestra estas condiciones las cuales se manejaron a lo largo de la experimentación.

Figura 2. Caída de presión versus velocidad de aire. La velocidad mínima de fluidización se establece en 1.3 m/s.

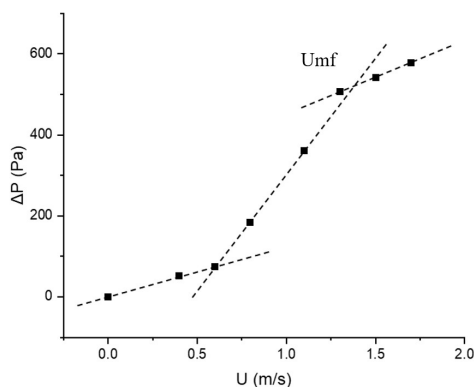
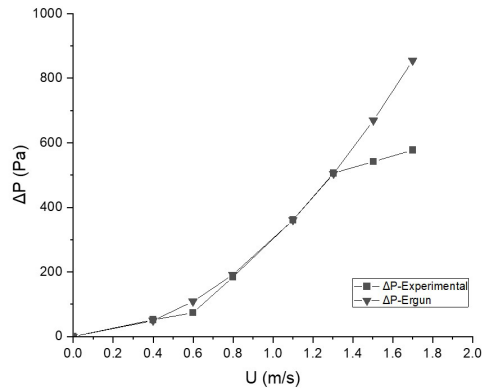


Figura 3. Caídas de presión experimentales y simulada con Ergun versus velocidad de aire.



Como se observa en la figura 3. La caída de presión entre la experimental y la estimada con Ergun son muy similar a la misma velocidad, eso indica que la ecuación de Ergun describe bien el comportamiento del lecho antes de alcanzar la velocidad mínima de fluidización el cual es de 1.3 m/s. Otro valor importante que se estimó es la porosidad efectiva del lecho de chicharo a las condiciones previas del secado, al realizar el ajuste de mínimos cuadrados se obtuvo una porosidad efectiva( $\epsilon$ ) es de 0.4812 con  $R^2 = 0.9911$  y RMSE = 18.711 Pa.

Tabla 1. Selección de los valores de velocidad de aire basados en la velocidad Mínima de fluidización.

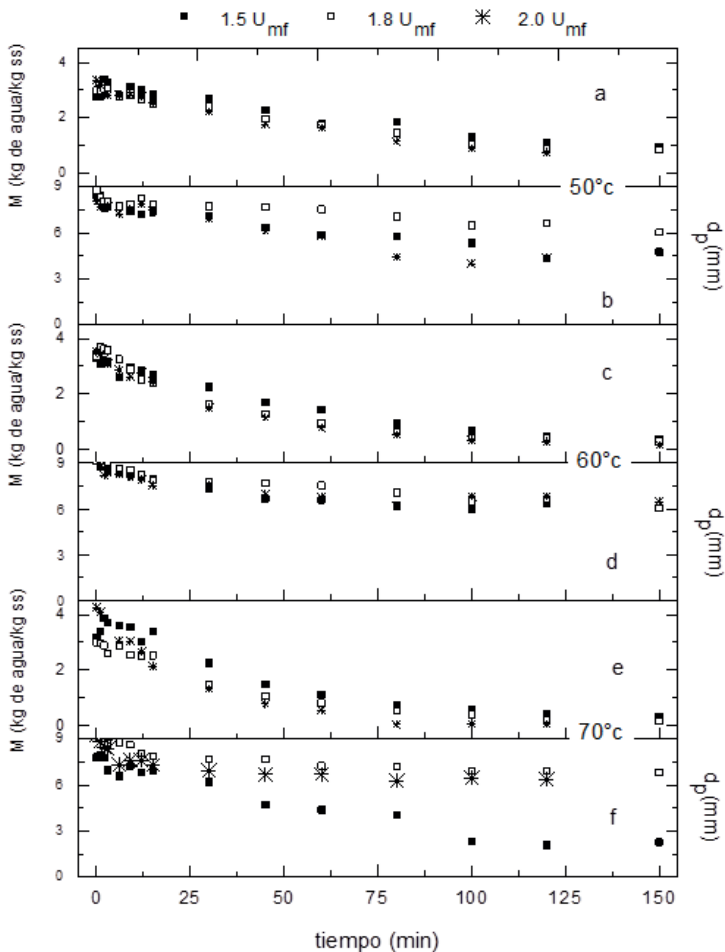
Valor de la velocidad (m/s)	Relación [U/U <sub>mfr</sub> ]
1.9	1.5
2.3	1.8
2.6	2.0

3.2. CURVAS DE SECADO

La Figura 4 muestra en conjunto las corridas experimentales realizadas al chicharo a tres diferentes temperaturas y tres niveles de velocidad, se observa que la humedad al inicio son aproximadamente 4 (kg de agua/ kg de sólido seco) y un diámetro de 9 mm. En particular, es posible observar que existen los 2 periodos de secado. A tiempos cortos es posible observar que la disminución de humedad puede expresarse como una línea recta, este es el típico comportamiento de secado por convección y se presenta cuando los granos tienen exceso de humedad; el agua se evapora sin sentir el efecto del sólido a secar. Este periodo se mantiene en los primeros 30 minutos de proceso.

El segundo periodo se presenta a medida que se pierde la humedad, ya que cada vez será más difícil eliminar el agua pues ya no se encuentra en la superficie y se requiere mucha energía para extraerla del interior, esto es típico para la difusión [Geankoplis, 2003].

Figura 4. Curvas de secado mostrando el contenido de Humedad (4a, 4c y 4e) el diámetro (4b, 4d y 4f), a las temperaturas de 50, 60 y 70 °C respectivamente, los símbolos están asociado a las tres velocidades de alimentación del aire.



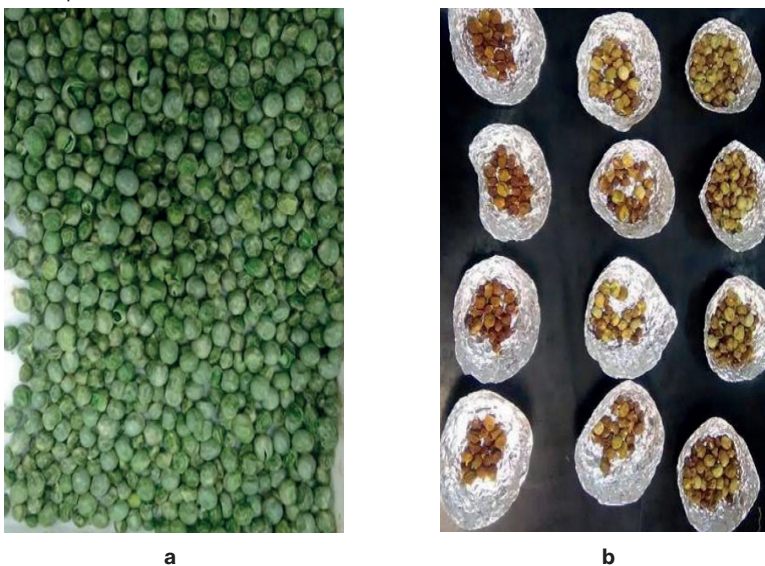
Otra forma de comprobar el secado por difusión es que no existe una gran diferencia en el secado por diferentes velocidades, excepto para la temperatura de 70 °C y la velocidad de fluidización de 1.5U<sub>mf</sub>, es decir la menor velocidad de alimentación al secador.

### 3.3. DEL ENCOGIMIENTO DE VOLUMEN

Se estudiaron tres velocidades de aire alimentado al secador y se observa que la disminución del diámetro no se ve afectada en las temperaturas de 50 y 60 °C respectivamente, además, en 50 °C (Fig. 4b) la disminución del diámetro no es uniforme quizás el mezclado todavía no es uniforme, comparado con el comportamiento mostrado en la Fig. 4d, donde la disminución de los diámetros para las tres velocidades es muy similar y llegan aproximadamente a 6 mm. A la temperatura de 70 °C, las dos velocidades mayores muestra un diámetro final similar de 6mm, sin embargo, para la velocidad menor (identificada por los cuadros oscuros Fig. 4f) el diámetro final cae hasta 2.2 mm aproximadamente. Si analizamos este fenómeno a partir del tiempo de residencia se obtiene un efecto consistente pues a menor velocidad de alimentación el tiempo de residencia es mayor, por tanto, existe un mayor contacto entre el fluido y el sólido permitiendo una disminución gradual del diámetro. La figura 5.

Muestra el chícharo antes y al final del procesamiento. A menores tiempos de residencia las muestras conservan su color.

Figura 5. a) chícharo escaldado utilizado en el secado en lechos fluidizados. b) muestras tomadas a lo largo del secado a 70 °C. La primera fila (izquierda) corresponde a la menor velocidad de flujo es posible apreciar que su diámetro es menor comparada con la segunda y tercera fila de muestras, que corresponden a las velocidades de 1.8 Umf y 2 Umf respectivamente.



### 3.4. TRABAJO A FUTURO

Como fue establecido anteriormente, evaluar si los granos de chícharo mostraron deterioro en su composición interna es un trabajo que debe considerarse

en el futuro. Asimismo, el establecer un modelo que permita validar los datos del presente reporte.

#### 4. CONCLUSIONES

El secado en el interior del grano de chícharo se encuentra dominado por el fenómeno de difusión, por tanto, se requieren tiempos de procesamiento largos, en la mayoría de los casos no se observa un efecto significativo con el aumento de la velocidad en el lecho fluidizado. Sin embargo, a la temperatura de 70°C, la disminución del diámetro y la humedad son más eficientes a flujos bajos, esto debido a que, para estas condiciones, se incrementa el tiempo de residencia. El cálculo de la porosidad del lecho fue bueno ya que la ecuación de Ergun describe el comportamiento del lecho antes de la fluidización con la porosidad estimada. El presente estudio no contiene reportes sobre el posible daño de los componentes biológicos que contiene el chícharo por el calentamiento o choque térmico. Estudios adicionales deben realizarse para considerar esta característica con el fin de asegurar que las sustancias que proporcionan las propiedades funcionales sean preservadas.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los recursos financieros otorgados para el desarrollo del presente trabajo, en particular a los programas UNAM-DGAPA-PAPIIT IA106518 y UNAM-DGAPA-PAPIIT TA100919.

#### REFERENCIAS

1. Geankoplis C. J. (2003). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations) 4<sup>nd</sup> edition. Prentice Hall. *J. Membrane Sci.* **(266)** 102-108. U.S.
2. Dahl, W., Foster, L., & Tyler, R. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), s3-s10.
3. Ochoa Pachas k. g. (2017) Hidrólisis enzimática en una y dos etapas de la proteína de la *cañihua* *Chenopodium pallidicaule* Aellen, para obtener péptidos bioactivos. Tesis para la obtención de Maestría en ciencias en tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
4. Honarvar, B., Mowla, D., & Safekordi, A. A. (2013). *Experimental and Theoretical Investigation of Drying of Green Peas in a Fluidized Bed Dryer of Inert Particles Assisted by Infrared Heat Source. Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 32(1). 83-94.
5. Ruíz-Sánchez A. (2014) Efecto en el encogimiento del sólido en la hidrodinámica de un secador de lecho fluidizado. Tesis para la obtención de maestría en ciencias en ingeniería química, UAM Iztapalapa, México.
6. Kunni D., Levenspiel O. (1991). Fluidization engineering, 2<sup>nd</sup> edition, Butterworth-Heinemann U. S.

## 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 Ourensano 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

Análisis de variogramas 40

Arquitectura 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 61, 62, 65, 68

### C

Ceramic applicator 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91

Chícharo (*Pisum sativum*) 72, 73, 74, 76

Comb applicator 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 91

Conservación genética 17, 21, 24

Copilot 54, 55, 58, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 71

Curvas de secado 73, 76, 78, 79

### D

DeepSeek 54, 55, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

Diabetes Mellitus tipo 2 54, 55, 56

### E

Eficiencia productiva 27

Energía 73, 77, 79, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

### F

Fotovoltaica 93, 94, 95, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108

### I

IA en salud 55

Innovación agropecuaria 27

### K

Kriging ordinario 40, 45, 46, 49, 50

### L

LLMs 55, 57, 61

## M

Mapeo de combustibles 40, 49

Microwave 82, 87

## P

Periodo formativo 1, 2, 6, 8, 11, 14, 15

Producción extensiva 17, 19, 20, 23, 25

## R

Redes Neuronales Convolucionales 55, 65, 70

Región pampeana 27, 28, 29, 30, 38, 39

Renovable 94, 95, 102, 105, 106, 107

## S

Secador de lecho fluidizado 72, 73, 81

Sistemas productivos 23, 27

Slow wave 82, 83, 92

Soil microwave treatment 82

## T

Tecnología constructiva 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 16

Tecnología frutícola 27

## V

Valor agregado comunitario 17

Velocidad mínima de fluidización 73, 75, 77, 78

Vivienda 16, 94, 96, 97, 102, 108

