

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

VOL V

 EDITORA
ARTEMIS
2024

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

VOL V

 EDITORA
ARTEMIS
2024



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
Imagem da Capa	peacestock/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 Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*

Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del País Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico V [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – Curitiba, PR: Artemis, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-31-4

DOI 10.37572/EdArt_281024314

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

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

La publicación de los avances en la investigación que presentamos a continuación, es un mérito en el currículo de las autoras y autores de estos capítulos. Una meta que se persigue desde el momento en que iniciamos, como miembros de la academia universal una investigación concreta, sea ésta en el campo científico o tecnológico que sea. Si el proyecto de investigación que ha generado este texto ha sido financiado por alguna institución pública, difundir los resultados es además una obligación contraída cuando se acepta esa subvención.

Publicar el fruto de un trabajo honesto, como los que conforman este volumen, que ha significado un esfuerzo considerable y que ha obligado a las autoras y autores a un buen número de sacrificios es también un motivo de orgullo personal, compartido con amistades y familiares.

Pero bajo mi punto de vista, publicar el resultado de una investigación es sobre todo un acto necesario de transferencia del personal académico a la sociedad. Al publicar el fruto de nuestro trabajo lo que buscamos los investigadores es que los colectivos próximos a nuestro campo de estudio, pero también empresas, organismos o personas individuales, puedan beneficiarse de nuestros descubrimientos, hayan sido estos obtenidos desde cualquier ámbito de la ciencia o de la tecnología.

Por todo ello, felicito sinceramente a las autoras y autores de los trabajos incluidos en este volumen V de la serie “**Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico**” de la Editora Artemis, pues al hacer públicos sus trabajos consiguen un nuevo mérito curricular, cumplen sus obligaciones como investigadores, tienen un motivo legítimo con el que alimentar su orgullo personal y además están transfiriendo a la sociedad nuevos conocimientos. En esta obra se incluyen once capítulos de valía contrastada, seis en el bloque de Ciencia y cinco en el de Tecnología, que suponen una nueva aportación académica para seguir verificando que la investigación científica es la base del avance de nuestra sociedad.

El primer capítulo del bloque Ciencia se corresponde con el trabajo del Dr. Saúl Robles Soto y Wendy Pacheco Martínez titulado “La tecnología y la innovación como determinante en las regiones de México, periodo 2023-2026”, en el que se estudian estas variables como condicionantes del desarrollo regional buscando proponer soluciones para mejorar el bienestar. Víctor Jiménez Arguelles, Luis Antonio Rocha Chiu, José Anselmo Pérez Reyes y Luis Fernando Casales Hernández firman el segundo capítulo, titulado “Análisis de riesgos laborales en trabajos de reconstrucción de edificios dañados por sismos en la ciudad de México”, en el que realizan un estudio de caso sobre los efectos

en las edificaciones dañadas por el sismo de 19 de septiembre de 2017. “El Mapundungun, interculturalidad e inclusiva en el sistema educativo chileno” es el título del cuarto capítulo, del Dr. José Manuel Salum Tomé, en el que promueve la revitalización de la lengua del pueblo mapuche a través de su uso en la enseñanza oficial. Seguidamente tenemos el trabajo de Mtra. Elia Esperanza Ayora Herrera, Dra. Juanita de la Cruz Rodríguez Pech y Lic. Jorge Aldair Anguas Romero, “Consideraciones conceptuales para la formación de profesionistas con habilidades de gestión intercultural, con énfasis en la cultura maya”, que también estudia la importancia de una lengua indígena en la enseñanza, en este caso la del pueblo maya en los estudios universitarios. El trabajo titulado “La educación ambiental proactiva en el campo de la odontología”, de María Dolores Carlos-Sánchez, María Guadalupe Zamora-Gutiérrez, Martha Patricia Delijorge-González, Martha Patricia De La Rosa-Basurto, José Ricardo Gómez-Bañuelos, Manuel Alejandro Carlos-Félix y Jesús Rivas Gutiérrez expone las posibilidades actuales de incluir de forma transversal en el currículo de carreras técnicas cuestiones tan importantes como la educación ambiental. Por último, en el bloque de Ciencia, el sexto capítulo está firmado por José Luis Gutiérrez Liñán, Carmen Aurora Niembro Gaona, Alfredo Medina García y Jorge Eduardo Zarur Cortés y se titula “La formación práctica de los ingenieros agrónomos en producción a través del desarrollo de prácticas de campo” en el que, desde las ciencias de la educación se realiza una investigación sobre las denominadas prácticas de campo, el nexo de unión entre las enseñanzas teóricas del aula y los saberes prácticos del campo.

El Bloque de Tecnología contiene cinco capítulos, el primero proviene de las aplicaciones de la biotecnología a la medicina y es el estudio titulado “Desarrollo de técnicas moleculares basadas en PCR para la detección de *Campylobacter Fetus*”, firmado por Edgar Iván González Jiménez, Lily Xóchitl Zelaya Molina, Saúl Pardo Melgarejo, José Herrera Camacho, Marcelino Álvarez Silva y Carlos Alberto Ramos Jonapa. El segundo capítulo se titula “El rol de *Trichoderma Asperellum* MT044384 en la sustentabilidad del maíz criollo (*Zea Mays*) frente al cambio climático” y los autores son M.C. José Israel Rodríguez Barrón, Ing. Brenda Bermúdez, M.C. Víctor Manuel Mata Prado y Ramón Rodríguez Blanco. A continuación, Francisco Alberto Hernández de la Rosa y María Teresa Fernández Mena emplean la simulación Monte Carlo bidimensional para desarrollar un trabajo de econometría y analizar la rentabilidad del yacimiento petrolífero oceánico de Ku-Maloob-Zaap, en la Sonda de Campeche, en el trabajo titulado “Análisis sobre la utilidad monetaria por producción de petróleo crudo en el yacimiento Ku-Maloob-Zaap de PEMEX usando simulación Monte Carlo bidimensional”. En el trabajo firmado por José Germán Flores-Garnica, Daniel Alejandro Cadena-Zamudio y Ana Graciela Flores-

Rodríguez, titulado “Efecto del fuego sobre la diversidad de especies forestales en selva mediana subperennifolia de México”, se analizan los efectos de los incendios en los ecosistemas tropicales a través de un análisis empírico y se presentan recomendaciones para mejorar la gestión de la resiliencia vegetal. Finalmente, el capítulo de ingeniería eléctrica que cierra este volumen lo firman Juan Anzures Marín, Juan Manuel De la Torre Caldera y Salvador Ramírez Zavala y lleva por título “Modelado convexo Takagi-Sugeno de sistemas no lineales: sistema de nivel de líquido de dos tanques interconectados”.

Xosé Somoza Medina
Universidad de León, España

SUMÁRIO

CIÊNCIA

CAPÍTULO 1..... 1

LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN COMO DETERMINANTE EN LAS REGIONES DE MÉXICO, PERÍODO 2023-2026

Saúl Robles Soto

Wendy Pacheco Martínez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243141

CAPÍTULO 2..... 14

ANÁLISIS DE RIESGOS LABORALES EN TRABAJOS DE RECONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS DAÑADOS POR SISMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Victor Jiménez Arguelles

Luis Antonio Rocha Chiu

José Anselmo Pérez Reyes

Luis Fernando Casales Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243142

CAPÍTULO 3.....32

EL MAPUDUNGUN, INTERCULTURALIDAD E INCLUSIVA EN EL SISTEMA EDUCATIVO CHILENO

José Manuel Salum Tomé

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243143

CAPÍTULO 4..... 48

CONSIDERACIONES CONCEPTUALES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONISTAS CON HABILIDADES DE GESTIÓN INTERCULTURAL, CON ÉNFASIS EN LA CULTURA MAYA

Elía Esperanza Ayora Herrera

Juanita de la Cruz Rodríguez Pech

Jorge Aldair Anguas Romero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243144

CAPÍTULO 5..... 59

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PROACTIVA EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGIA

María Dolores Carlos-Sánchez
María Guadalupe Zamora-Gutiérrez
Martha Patricia Delijorge-González
Martha Patricia de la Rosa-Basurto
José Ricardo Gómez-Bañuelos
Manuel Alejandro Carlos-Félix
Jesús Rivas-Gutiérrez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243145

CAPÍTULO 6.....71

LA FORMACIÓN PRÁCTICA DE LOS INGENIEROS AGRÓNOMOS EN PRODUCCIÓN A TRAVÉS DEL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE CAMPO

José Luis Gutiérrez Liñán
Carmen Aurora Niembro Gaona
Alfredo Medina García
Jorge Eduardo Zarur Cortés

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243146

TECNOLOGIA

CAPÍTULO 7..... 81

DESARROLLO DE TÉCNICAS MOLECULARES BASADAS EN PCR PARA LA DETECCIÓN DE *CAMPYLOBACTER FETUS*

Edgar Iván González Jiménez
Lily Xóchitl Zelaya Molina
Saúl Pardo Melgarejo
José Herrera Camacho
Marcelino Álvarez Silva
Carlos Alberto Ramos Jonapa

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243147

CAPÍTULO 8..... 89

EL ROL DE *TRICHODERMA ASPERELLUM* MT044384 EN LA SUSTENTABILIDAD DEL MAÍZ CRIOLLO (*ZEА MAYS*) FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

José Israel Rodríguez Barrón
Brenda Bermúdez

Víctor Manuel Mata Prado

Ramón Rodríguez Blanco

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243148

CAPÍTULO 9.....97

ANÁLISIS SOBRE LA UTILIDAD MONETARIA POR PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO EN EL YACIMIENTO KU-MALOOB-ZAAP DE PEMEX USANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO BIDIMENSIONAL

Francisco Alberto Hernández de la Rosa

María Teresa Fernández Mena

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243149

CAPÍTULO 10..... 108

EFFECTO DEL FUEGO SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES FORESTALES EN SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA DE MÉXICO

José German Flores-Garnica

Daniel Alejandro Cadena-Zamudio

Ana Graciela Flores-Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28102431410

CAPÍTULO 11..... 120

MODELADO CONVEXO TAKAGI-SUGENO DE SISTEMAS NO LINEALES: SISTEMA DE NIVEL DE LÍQUIDO DOS TANQUES INTERCONECTADOS

Juan Anzures Marín

Juan Manuel de la Torre Caldera

Salvador Ramírez Zavala

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28102431411

SOBRE O ORGANIZADOR.....139

ÍNDICE REMISSIVO 140

CAPÍTULO 9

ANÁLISIS SOBRE LA UTILIDAD MONETARIA POR PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO EN EL YACIMIENTO KU-MALOOB-ZAAP DE PEMEX USANDO SIMULACIÓN MONTE CARLO BIDIMENSIONAL

Data de submissão: 15/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

Francisco Alberto Hernández de la Rosa

División Académica de
Ciencias Básicas
Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco

Villahermosa, Tabasco, México

<https://orcid.org/0009-0007-7516-4973>

María Teresa Fernández Mena

División Académica de
Ciencias y Tecnología
de la Información
Universidad Juárez
Autónoma de Tabasco

Villahermosa, Tabasco, México

<https://orcid.org/0000-0003-2895-0684>

RESUMEN: La empresa pública Petróleos Mexicano (PEMEX) tiene como obligaciones rendir informes confiables de las cantidades obtenidas por las actividades petroleras en los yacimientos ante la Comisión Nacional de Hidrocarburos y la Bolsa de Valores de los Estados Unidos de América. Por ello, el análisis de riesgo cuantitativo se apoya de un modelo matemático que representa la utilidad monetaria por las ventas petroleras;

el cual requiere especificaciones con respecto a las distribuciones de probabilidad para las variables: producción, costo y precio por barriles de petróleo crudo (factores de entrada con dimensiones incertidumbre o variabilidad). El objetivo del presente estudio es caracterizar cuantitativamente el riesgo financiero de la utilidad por la comercialización del petróleo crudo correspondiente al yacimiento Ku-Maloob-Zaap de PEMEX aplicando la simulación Monte Carlo de segundo orden con script R Project. Para caracterizar los fenómenos aleatorios petroleros requerida por la simulación Monte Carlo bidimensional se utilizaron: (1) los datos históricos de la producción de petróleo crudo en el periodo 2019-2023 para estimar los parámetros de las distribuciones de probabilidad triangular y BetaPert, (2) el paquete *mc2d* de R Project, y (3) un tamaño de 100 muestras aleatorias para la dimensión incertidumbre y 100 para la dimensión variabilidad. Para el año 2024, el resultado del análisis de riesgo bajo incertidumbre por la comercialización del petróleo crudo proporciona una utilidad de 27.2 0.59 ($\mu \pm \sigma$, millones de dólares diario) con intervalo [21.59, 33.51], la cual está asociada a una probabilidad de 95%. La utilidad promedio estimada representa un aumento alentador del 20% con respecto al año 2023.

PALABRAS CLAVE: Simulación Monte Carlo. Riesgo. Incertidumbre. Lenguaje R. Utilidad petrolera.

ANÁLISIS DE LA UTILIDAD MONETARIA DERIVADA DE LA PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO EN EL CAMPO DE MALOOB-ZAAP DE PEMEX UTILIZANDO LA SIMULACIÓN DE MONTE CARLO DE DOS DIMENSIONES

ABSTRACT: The public company Petróleos Mexicano (PEMEX) has the obligation to submit reliable reports of the quantities obtained by oil activities in the fields before the National Hydrocarbons Commission and the Stock Exchange of the United States of America. Therefore, the quantitative risk analysis is supported by a mathematical model that represents the monetary utility from oil sales which requires specifications regarding the probability distributions for the variables production, cost and price of barrels of crude oil (input factors with uncertainty or variability dimensions). The objective of this study is to quantitatively characterize the financial risk of the utility from the commercialization of crude oil corresponding to the Ku-Maloob-Zaap field of PEMEX by applying second-order Monte Carlo simulation with *R* Project script. To characterize the random oil phenomena required by the two-dimensional Monte Carlo simulation, the following were used: (1) the historical data of crude oil production in the period 2019-2023 to estimate the parameters of the triangular and BetaPert probability distributions, (2) the *R* Project *mc2d* package, and (3) a size of 100 random samples for the uncertainty dimension and 100 for the variability dimension. For the year 2024, the result of the risk analysis under uncertainty for the commercialization of crude oil provides a utility of 27.2 0.59 ($\mu \pm \sigma$, million dollars daily) with interval [21.59, 33.51], which is associated with a 95% probability. The estimated average utility represents an encouraging increase of 20% compared to 2023.

KEYWORDS: Monte Carlo simulation. Risk. Uncertainty. *R* language. Oil utility.

1 INTRODUCCIÓN

Existen compañías que basan sus decisiones en los resultados derivados de sus métodos de pronósticos, así como el análisis y gráficos de flujo de sus procesos. Hoy en día, estos procesos pueden ser simulados por el método de Monte Carlo y estos resultados obtenidos pueden ofrecerle nuevas perspectivas que le permitirán tomar sus decisiones de un modo más seguro y eficaz (Ollé, Solé, Palloni, Cheng, Stoll, Spalding, y Beer, 2005). Es común asociar la simulación con el concepto de incertidumbre. Este concepto puede implicar riesgos, errores, daños o cualquier tipo de evento no deseado. Una simulación adecuada de todos los procesos y variables asociadas, con miras de alcanzar un determinado objetivo, puede ayudar a minimizar el impacto de riesgo que se asumirá, así como determinar con más objetividad el mejor camino a seguir.

Los analistas tradicionales han tratado de minimizar la incertidumbre mediante la utilización de puntos de estimación medios, incluyendo también los casos más probables, mejores y peores en la estimación. Por regla general, cuando se confía en valores medios o escenarios simples, se ignoran a menudo los efectos de la

incertidumbre y se tiene una exposición mayor a riesgos. De ahí, radica la ventaja del Método de Monte Carlo, en el hecho de que tiene una enorme capacidad de ayudar a los analistas a entender y cuantificar la incertidumbre para mejorar la precisión en todo tipo de decisiones industriales o empresariales (Ollé et al., 2005).

La Asociación de Administración de Proyectos define al riesgo como un evento incierto o una serie de circunstancias que de ocurrir tiene un efecto en el cumplimiento de los objetivos del proyecto (Simon, Hillson y Newland, 1997). Allen y Lueck (1995) definen al riesgo mediante un evento compuesto por cuatro parámetros básicos: grado de interdependencia, probabilidad de ocurrencia, severidad del impacto y susceptibilidad del cambio (Figura 1).

Figura 1. Los cuatro parámetros del riesgo. Fuente: Allen y Lueck (1995).



Para Smith y Merritt (2002) señalan que un riesgo debe reunir las siguientes características:

1. Incertidumbre. No se sabe a ciencia cierta si el evento potencial o riesgo va a ocurrir, solo se puede saber la probabilidad de que ocurra.
2. Pérdidas. Un riesgo siempre tiene el potencial de causar pérdidas, las cuales pueden ser medidas en términos financieros, tiempo, imagen corporativa, etc. Si el evento de riesgo no ocurre, entonces no hay pérdidas. No obstante, existen analistas que suelen considerar como las únicas pérdidas que pueden existir cuando no ocurra el riesgo, el costo asociado a las medidas de contingencia tomadas para evitar el riesgo.
3. Tiempo. Los riesgos deben ser manejados por un intervalo de tiempo limitado, cuya duración se determina cuando el riesgo deja de existir.

Baecher & Christian (2003) clasifican la incertidumbre en tres categorías:

- Variabilidad natural. Está asociada con la aleatoriedad inherente a los procesos naturales, manifestándose como variabilidad en el tiempo, en el espacio, o ambos.
- Incertidumbre en el conocimiento. Es atribuida a la carencia de datos, ausencia de información acerca de eventos y procesos, o a la falta de entendimiento de las leyes físicas que limitan la habilidad para modelar el mundo real.
- Incertidumbre en los modelos de decisión. Refleja la inhabilidad de un modelo o técnica de diseño para representar precisamente el verdadero comportamiento físico del sistema, o la inhabilidad del diseñador para identificar el mejor modelo.

En el ámbito económico se tiene el interés en estimar el riesgo del margen de utilidades por las actividades petroleras, a pesar de que suelen ocurrir varios factores de incertidumbre de índole petrolero. Una de varias fuentes de incertidumbre se refiere a las atribuciones en materia de difusión de cifras de los participantes en actividades petroleras, es decir, PEMEX publica sus resultados petroleros con independencia del dictamen de la Comisión Nacional de Hidrocarburo (CNH) y las cifras que Secretaría de Energía (SENER) inscribe en el Registro Petrolero. PEMEX da a conocer su estimación de cifras preliminares en reportes públicos, entre ellos a la Comisión de Bolsa y Valores (SEC, sigla en inglés) y a la Bolsa Mexicana de Valores; tales reportes se advierten que las estimaciones se sujetan a posterior revisión y aprobación por parte de la autoridad competente (Rodríguez-Padilla, 2013). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es analizar el comportamiento de la utilidad monetaria por la producción de petróleo crudo mediante la simulación Monte Carlo de segundo orden en el yacimiento Ku-Maloob-Zaap de PEMEX en México.

2 METODOLOGÍA

2.1 SIMULACIÓN MONTE CARLO

Schmeiser (1990) indicó que el proceso general de la simulación consiste en:

- Obtener observaciones básicas de una fuente de números aleatorios.
- Transformar las observaciones básicas en entradas pertinentes al modelo, de acuerdo con las especificaciones.
- Transformar las entradas, a través del modelo, en salidas.

- Calcular estadísticas descriptivas a partir de las salidas, para estimar las medidas de comportamiento.

En la forma básica la simulación Monte Carlo es un generador de sucesiones de números aleatorios que es útil para análisis de pronóstico, estimación y riesgo. Una simulación calcula numerosos contextos o escenarios de un modelo al escoger repetidamente valores de una distribución de probabilidad, predefinido por el usuario, para las variables inciertas y usando esos valores como insumo para el modelo. Ya que todos esos contextos producen resultados asociados en un modelo, entonces cada contexto puede tener un pronóstico. Los pronósticos son eventos (expresado vía función) que se define como salidas del modelo (Mun, 2004). Estos eventos pueden ser: utilidad marginal, ganancia neta, ingreso, costo e impuesto, entre otros.

En un Análisis de Riesgo Cuantitativo se refleja la variabilidad del riesgo y se toma en cuenta la incertidumbre asociada con la estimación del riesgo, esto se logra con el método Monte Carlo en dos dimensiones (o de segundo orden o 2D). Este método consiste en generar la distribución empírica del riesgo (poblacional) por medio de combinaciones de distribuciones probabilísticas que muestran la variabilidad de los parámetros poblacionales. Un caso particular, es la simulación Monte Carlo en una dimensión, la cual consiste en evaluar el modelo matemático del riesgo con sus parámetros de incertidumbre en forma fija.

En estadística existen medidas básicas para cuantificar el riesgo (variabilidad) son: desviación estándar y coeficiente de variación. La desviación estándar mide la dispersión alrededor del valor esperado. Su interpretación es “cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será el riesgo”. El coeficiente de variación es una medida de dispersión relativa, que es útil para comparar el riesgo entre variables respuestas o escenarios con diferentes valores esperados. Su interpretación es “cuanto mayor sea el coeficiente de variación mayor será el riesgo”.

2.2 PAQUETE *mc2d*: SIMULACIÓN MONTE-CARLO EN DOS DIMENSIONES

Para llevar a cabo la simulación se utiliza el software estadístico R Project versión 4.4.1 (R Core Team, 2024) y se instala el paquete *mc2d*, la cual es un conjunto de funciones que implementa la simulación Monte Carlo en dos dimensiones tales como: *mcstoc*, *evalmcmod*, entre otros. Esta función usa arreglos de dos dimensiones para obtener los resultados: la primera dimensión representa variabilidad (V), y la segunda representa incertidumbre (U) en sus parámetros poblacionales (Pouillot y Delignette-Muller, 2010). Este paquete consiste en generar una serie de valores para los parámetros del modelo

y vincularse con los valores de la variable de entrada para propagar por separado la incertidumbre por falta de conocimiento perfecto y la variabilidad natural del sistema. El script de R Project indica los tamaños de las muestras *nsv* y *nsu* para las dimensiones variabilidad e incertidumbre, respectivamente, y se declara la sintaxis siguiente:

- `library(mc2d)`
- `variable_salida <- evalmcmmod(modelo_matematico, nsv = 100, nsu = 100, seed = 99999)`

2.3 DECLARACIONES DE FUNCIONES

La simulación Monte Carlo requiere una serie de distribuciones implementadas en el software R Project para simular números aleatorios de las distribuciones de probabilidad más comunes en el área de administración de riesgo cuantitativo. En la Tabla 1 se muestran la sintaxis de varias distribuciones junto con el comando *mcstoc*.

Tabla 1. Distribuciones usadas en simulación Monte Carlo 2D. Fuente: Elaboración propia.

Distribución de probabilidad	Sintaxis en R Project
Uniforme	<code>mcstoc(runif, type = "U", min = 1, max = 3, lhs = TRUE)</code>
Triangular	<code>mcstoc(rtriang, type = "U", min = 9, mode=10, max = 11, lhs = TRUE)</code>
Normal	<code>mcstoc(rnorm, type = "V", mean = 7, sd = 1)</code>
Exponencial	<code>mcstoc(rexp, type = "V", rate = 1/1.1)</code>
Log-normal	<code>mcstoc(rlnorm, type = "V", meanlog = 0.11, sdlog = 0.172)</code>
Gamma	<code>mcstoc(rgamma, type = "V", shape = 69, scale = 0.08)</code>
Beta	<code>mcstoc(rbeta, type = "V", shape1 = 40, shape2 = 620)</code>
BetaPERT	<code>mcstoc(rpert, type = "V", min=250, mode=600, max=840, rtrunc = TRUE, linf = 250, lsup = 840, lhs = TRUE)</code>
Weibull	<code>mcstoc(rweibull, type = "V", shape = 2.04, scale = 1.04)</code>

2.4 CASO DE ESTUDIO: COMPLEJO KU-MALOOB-ZAAP

En la región marina noreste se localiza el yacimiento Ku-Maloob-Zaap (KMZ), es un complejo de producción de petróleo crudo propiedad de PEMEX frente a las costas de Campeche, en aguas territoriales del Golfo de México. En el periodo 2019-2023 el complejo KMZ registró los datos históricos que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores estimados promedios en el proceso de producción de petróleo. Fuente: PEMEX.

Indicadores económicos	2019	2020	2021	2022	2023
Producción de petróleo crudo (miles de barriles diarios)	842.7	784.3	718.1	639.3	615.9
Costo promedio de producción de petróleo equivalente (dólares por barril)	-	-	16.16	21.06	15.49
Precio promedio de venta (dólares por barril)	-	-	61.06	75.09	52.38

El presente estudio desea simular el comportamiento de la variable utilidad monetaria diaria en la comercialización de petróleo en función de las siguientes variables: producción, costo de producción y precio de venta. Entonces, el modelo lógico-matemático para la variable utilidad está representado por la ecuación (1):

$$u = (pv - cp) * X \quad (1)$$

donde

u representa la utilidad diaria por la comercialización de petróleo crudo producido (en miles de dólares).

pv representa el precio promedio de venta de petróleo crudo por barril (en dólares).

cp representa el costo de producción de petróleo crudo equivalente por barril (en dólares).

X representa cantidad de barriles producido de petróleo crudo (en miles de barriles diario).

Para la ejecución de la simulación Monte Carlo 2D se indican los modelos probabilísticos de las variables (entradas) utilizadas en la ecuación (1) junto con sus parámetros estimados con base en los datos proporcionado en la Tabla 2, y a continuación se describen:

- La variable X tiene una distribución BetaPert con parámetros mínimo = 569.9, moda = 593.11, máximo = 639.3. Esta variable se considera de tipo Variabilidad para la simulación. Para el parámetro mínimo, se calculó, aplicándole una tasa anual promedio de reducción equivalente a 7.5% observado en el periodo 2019 a 2023, al valor de la producción registrado en 2023. Para el parámetro moda, se calculó, aplicándole una tasa anual de reducción equivalente a 3.7% observado en el periodo 2022 a 2023, al valor de la producción registrado en 2023. Finalmente, para el parámetro máximo se utilizó el valor de producción registrado en 2022.
- La variable pv tiene la distribución triangular con los parámetros siguiente: mínimo = 52.38, moda = 61.06 y máximo = 75.09. Los valores de los tres

parámetros se estimaron de acuerdo con los registros de precio de venta en el periodo 2021 a 2023. Además, la variable se considera de tipo incertidumbre.

- La variable cp tiene la distribución triangular con parámetros: mínimo = 15.49, moda = 16.16, máximo = 21.06. Las estimaciones de estos parámetros corresponden a los registros de costos de producción en el periodo 2021 a 2023. Esta variable se considera de tipo incertidumbre.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

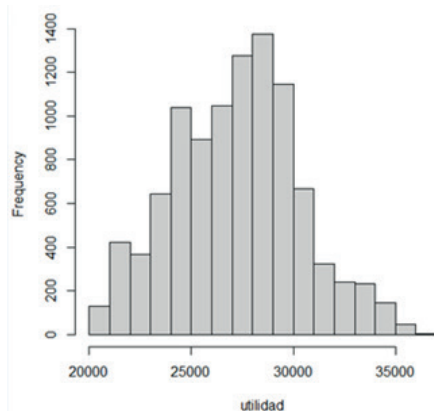
Se realizó con el software *R Project* la simulación Monte Carlo en dos dimensiones con 10000 corridas para generar estimaciones de la variable utilidad representado por el modelo de la ecuación (1). En la Tabla 3 se muestran las estadísticas descriptivas de la variable aleatoria utilidad generada por *R Project*. Se observa lo siguiente: (1) el rango de variación es alrededor de 16 millones de dólares diario, (2) el coeficiente de variación es de 2.15%, esto indica que hay una menor dispersión de las utilidades y, por ende, una mayor homogeneidad, y (3) la utilidad promedio estimada representa un aumento alentador del 20% con respecto al año 2023.

Tabla 3. Estimaciones por simulación de la variable utilidad. Fuente: Elaboración propia.

Estadísticas descriptivas	Valores estimados por simulación (miles de dólares diario)
Media aritmética muestral	27,216
Desviación estándar muestral	585
Mínimo	20,045
Máximo	36,136

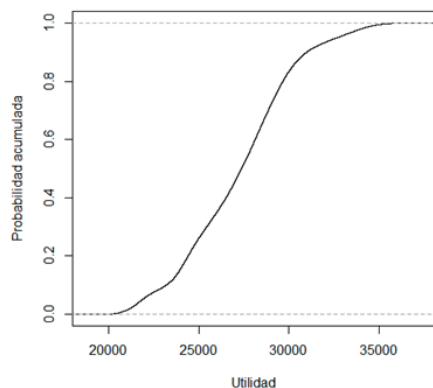
En la Figura 2 se muestra el histograma de las utilidades simuladas por *R Project* visto desde la dimensión variabilidad con un tamaño de muestra de 10,000. Se observa que el gráfico de la distribución de la variable utilidad es diferente a una distribución normal mostrando un coeficiente de asimetría positivo 0.096 cercano a 0 (asimétrica a la derecha); y curtosis 2.71; este valor positivo indica que la distribución es leptocúrtica. Por tanto, las utilidades se agrupan frecuentemente más cercanos al valor medio (27 millones de dólares), pero también ocasionalmente se obtienen algunos valores altos, lo que da como resultado “colas largas” en la distribución.

Figura 2. Frecuencia de las utilidades por producción de petróleo. Fuente: Elaboración propia.



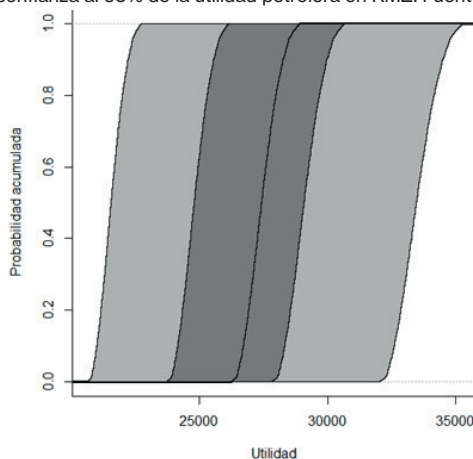
En la Figura 3 se muestra la distribución de probabilidad acumulada empírica de la variable utilidad. Nótese que el gráfico no muestra la separación de las dos dimensiones (incertidumbre y variabilidad). Además, con base al gráfico se estima que la probabilidad de observar una utilidad entre 25 y 30 millones de dólares diario es aproximadamente 60%.

Figura 3. Distribución acumulada de la utilidad petrolera en KMZ. Fuente: Elaboración propia.



En la Figura 4 se muestra la banda de credibilidad (o intervalo de confianza subjetiva) para la utilidad considerando la separación entre los parámetros con incertidumbre y los de variabilidad obtenida por el paquete *mc2d*. Este gráfico muestra la distribución de probabilidad acumulada con una banda de confianza al 95% limitados por los percentiles 2.5 y 97.5 (área sombreada gris claro), esto representa el conjunto de todas las distribuciones generadas por la dimensión incertidumbre. La mediana de la función de distribución acumulativa está representada por la línea central en forma de S alrededor de los percentiles 25 y 75 (área sombreada gris oscuro) (Vásquez et al, 2014).

Figura 4. Banda de confianza al 95% de la utilidad petrolera en KMZ. Fuente: Elaboración propia.



El análisis de riesgo cuantitativo de la utilidad media (27,216) y su incertidumbre se estimó entre 21,589 y 33,509 (miles de dólares diario), que define el intervalo de la dimensión incertidumbre entre 2.5% y 97.5%, también se conoce como el intervalo creíble del 95%.

4 CONCLUSIONES

En México se considera a la actividad petrolera como un factor importante en la economía y por ende al Producto Interno Bruto (PIB); y al ser un país exportador altamente dependientes de los ingresos petroleros, es importante saber por cuánto tiempo más podrán seguir utilizando ese recurso natural no renovable como palanca de desarrollo, así como el comportamiento de las utilidades petroleras sabiendo que existe incertidumbre en factores tales como exploración, extracción, producción, costos, entre otros. Por tal razón, se realizó la simulación Monte Carlo en dos dimensiones con la finalidad de analizar el comportamiento estocástico de la variable utilidad (respuesta-salida) en función de las variables (factores de entrada) de tipo incertidumbre y variabilidad; obteniéndose la cuantificación del riesgo de la variable utilidad con valores estimados para la media alrededor de 27 millones de dólares diarios y desviación estándar alrededor de 585 mil dólares diarios.

En efecto, la simulación Monte Carlo en 2D resulta un método numérico-probabilístico importante para cuantificar el riesgo de una variable-respuesta con relación a un sistema estocástico de la industria del petróleo. Una vez que se ha caracterizado el riesgo con la distribución de probabilidad empírica, entonces será posible evaluar el riesgo mediante las estadísticas descriptivas y la determinación de la confiabilidad del sistema bajo riesgo.

Finalmente, se recomienda a los investigadores continuar con el análisis de riesgo cuantitativo considerando como variable de respuesta a las actividades petroleras tales como: el valor presente neto, tasa interna de rendimiento, ingreso marginal, entre otros.

REFERENCIAS

Allen, D. W. y Lueck, D. (1995). Risk preferences and the economics of contracts. *The American Economic Review*, 85(2): 447-451.

Baecher, C. y Christian, J. T. (2003). *Reliability and statistics in geotechnical engineering*. England: John Wiley & Sons.

Devore, J. L. (2001). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*, (5ª ed.). México: International Thomson Editores.

Mun, J. (2004). *Manual de usuario del simulador de riesgo ROV*. Dublin, California: Real Options Valuation, Inc.

Ollé, R., Solé, J., Palloni, F., Cheng, V., Stoll, D., Spalding, P. y Beer, C. (2005). Simulación Monte Carlo: ¿Por qué debería utilizarla? *Actualidad científica: La revista de software y actualidad tecnológica*, 1:18-21.

PEMEX (2023). *Reporte anual 2023 a la Comisión de Valores de los Estados Unidos de América (SEC)*. Disponible en: https://www.pemex.com/ri/reguladores/Paginas/informacion_sec.aspx

Pouillot, R., y Delignette-Muller, M.L. (2010). Evaluating variability and uncertainty in microbial quantitative risk assessment using two R packages. *International Journal of Food Microbiology*, 142(3):30-40.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.r-project.org/>

Rodríguez-Padilla, V. (2013). Sistema de estimación, certificación y aprobación de reservas de hidrocarburos en México: análisis de desempeño. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 14 (3):451-460. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v14n3/v14n3a14.pdf>

Schmeiser, B. (1990). *Simulation experiments, Amsterdam*. North-Holland: Handbooks in operations Research and Management Science.

Simon, P., Hillson, D. y Newland, K. (1997). *Project risk analysis and management guide*, (2nd ed.). U.K.: The APM Group Limited.

Smith, P. G., y Merritt, G. M. (2002). *Proactive risk management*. New York: Productivity Press.

Vásquez, G.A., Busschaert, P., Haberbeck, L.U., Uyttendaele, M. & Geeraerd, H.A. (2014). An educationally inspired illustration of two-dimensional Quantitative Microbiological Risk Assessment (QMRA) and sensitivity analysis. *International Journal of Food Microbiology*, 190:31-43.

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

Accidentes 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

Ambiente 22, 40, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 90, 118, 119

B

Bioestimulante 89, 90, 93

Bovinos 82

C

Campylobacter 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Cepa nativa 89, 90

Ciencia y tecnología 1, 9, 10, 11, 12, 74

Composición vegetal 108

Composta 89, 90, 92, 93

Consciencia de identidad 48

Conservación 68, 108, 110

Cultura 15, 22, 28, 29, 32, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 69, 70, 90

Cultura maya 48, 55

D

Desarrollo 4, 5, 1, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 29, 30, 31, 34, 36, 37, 39, 41, 45, 46, 47, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 90, 91, 95, 106, 110, 137, 138

Desigualdades regionales en México 1

E

Ecosistema económico 1

Educación 9, 10, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 52, 54, 57, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 80

Educación intercultural 32, 33, 35, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 48

Espacio de estados 120

F

Formação 39, 40, 41, 42, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 89, 91

I

Identidade 32, 34, 38, 41, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 57

Incendios forestales 108, 109, 110, 118, 119

Incertidumbre 90, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 128

Ingeniero 71, 72, 73, 75, 76, 77, 80

Ingreso per cápita 1, 2, 3, 4

Innovación 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 58, 64, 80, 87

Interculturalidad 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 45, 54, 55

L

Laborales 14, 15, 17, 18, 22, 26, 27, 29, 31, 60

Lenguaje R 97

M

Maíz criollo 89, 90, 91, 92, 94

Mapudungum 32

Modelado difuso 120, 125, 127, 128, 135, 137, 138

P

Patógenos 82, 83, 86, 87, 88, 93

PCR 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 94

Prácticas 12, 40, 54, 62, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 90

Propuesta curricular 48, 49

R

Reconstrucción 14, 15, 16, 17, 22, 27, 30, 31

Resiliencia 90, 94, 108, 110

Riesgo 14, 15, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 68, 70, 82, 83, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107

Riesgos 14, 15, 17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 53, 66, 98, 99

Riqueza 32, 37, 38, 39, 53, 108, 111, 115, 117, 119

S

Simulación Monte Carlo 97, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107

Sismos 14, 16, 17, 22, 24, 27, 28, 30

Sistema no lineal 120, 121, 122, 123, 127, 128, 137, 138

Sistemas de nivel de líquido 120

T

Takagi-Sugeno 120, 122, 127, 137, 138

Trichoderma asperellum 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96

U

Utilidad petrolera 97, 105, 106