

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Xosé Somoza Medina
(organizador)

2025 by Editora Artemis
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2025 Os autores
Copyright da Edição © 2025 Editora Artemis



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	Profª Drª 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
Imagen da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

- Prof.º Dr.º 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.º Dr.º Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.º Dr.º Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.º Dr.º Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.º Dr.º Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.º Dr.º Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.º Dr.º Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.º Dr.º Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.º Dr.º Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.º Dr.º Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.º Dr.º 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.º Dr.º Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.º Dr.º Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.º Dr.º Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.º Dr.º 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. Elio Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.º Dr.º Elvira Laura Hernández Carballedo, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.º Dr.º 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 Diaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof.^a Dr.^a Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
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 Ramón 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-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.^a Dr.^a Lívia 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 Rodriguez, *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 M³ Graça 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. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, Saint Petersburg State University, Russia
Prof.ª Dr.ª 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 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 chícharo 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 PERÍODO FORMATIVO

Efraín Vidal Espinoza

Elsa Celina Sánchez Cacha

Cesar Augusto Serna Lamas

Fredy Osvaldo Loli Natividad

Leopoldo Enrique Neglia Valderrama

Victor Alberto Pocoy Yauri

José Yovera Saldarriaga

 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

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

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

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

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

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

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

SOBRE O ORGANIZADOR.....	109
--------------------------	-----

ÍNDICE REMISSIVO	110
------------------------	-----

CAPÍTULO 4

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

Data de submissão: 19/11/2025

Data de aceite: 28/11/2025

José German Flores-Garnica

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental Centro
Altos de Jalisco

Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-8295-1744>

RESUMEN: La cantidad y calidad de los combustibles definen el nivel de riesgo y peligro de incendios forestales, por lo que para facilitar su descripción se usa el concepto de modelos de combustibles (caracterización matemática que se asocia a cierto comportamiento del fuego). En general, el mapeo de estos modelos de combustibles (MC) ha seguido dos tendencias: 1) inferencias indirectas, en las que algunos factores ambientales (vegetación densidad, altura, etc.), asociados con la producción de combustible, se relacionan con un MC determinado; y 2) consultas a expertos, para clasificar, con base a su criterio y experiencia, los MC que corresponden a cierta área. Sin embargo, en ambos casos se tiende a

enfoques subjetivos, que pueden favorecer un nivel de sesgo importante. Como alternativa, se propone la integración del concepto condicional de cargas de combustible (C4) con técnicas geoestadísticas, para definir una perspectiva más objetiva en la cartografía de MCs. La información utilizada en este estudio se recopiló en un bosque de Chihuahua, México, donde se inventariaron los combustibles en 554 sitios de muestreo (1000 m²), cada uno de los cuales se clasificó, con apoyo del C4, en su correspondiente MC. Posteriormente se utilizó la metodología de interpolación de kriging ordinario para determinar la distribución espacial continua de los MCs. Para el ajuste de los variogramas, se probaron los modelos esférico, gausiano y exponencial y, con base al criterio de información de Akaike, el modelo esférico fue el que mejor funcionó. La metodología mostró ser útil para determinar la distribución y limitación de MCs en forma precisa y e insesgada. Se concluye que las ventajas de la implementación del C4 son: 1) se basa en las cargas reales de combustibles, y no solo en la estructura y composición de la vegetación; 2) es objetivo y evita el sesgo de los diferentes clasificadores (expertos); y 3) evita la necesidad del asesoramiento de expertos. Lo anterior puede apoyar en la definición de áreas prioritarias en la implementación de estrategias de manejo del fuego.

PALABRAS CLAVE: mapeo de combustibles; kriging ordinario; análisis de variogramas.

A CONDITIONAL FUEL-LOAD (C4) CONCEPT FOR SELECTING FOREST FUEL MODELS

ABSTRACT: The quantity and quality of fuels define the level of risk and danger of forest fires, therefore to facilitate their description, the concept of fuel models (mathematical characterization associated with certain fire behavior) is used. In general, the mapping of these fuel models (FM) has followed two trends: 1) indirect inferences, in which certain environmental factors (vegetation density, height, etc.) associated with fuel production are related to a specific FM; and 2) consultations with experts to classify, based on their criteria and experience, the FMs that correspond to a certain area. However, in both cases, there is a tendency toward subjective approaches, which can lead to a significant level of bias. As an alternative, we propose integrating the conditional concept of fuel loads (C4) with geostatistical techniques to define a more objective perspective in FM mapping. The information used in this study was collected in a forest in Chihuahua, Mexico, where fuels were inventoried at 554 sampling sites (1000 m^2), each of which was classified, with the support of C4, into its corresponding FM. Subsequently, the ordinary kriging interpolation methodology was used to determine the continuous spatial distribution of the FMs. To adjust the variograms, spherical, Gaussian, and exponential models were tested, and based on Akaike's information criterion, the spherical model performed best. The methodology resulted useful for determining the distribution and limitation of FMs accurately and without bias. It is concluded that the advantages of implementing C4 are: 1) it is based on actual fuel loads, not just on the structure and composition of vegetation; 2) it is objective and avoids the bias of different classifiers (experts); and 3) it avoids the need for expert advice. This can support the definition of priority areas in the implementation of fire management strategies.

KEYWORDS: fuel mapping; ordinary kriging; variogram analysis.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando es posible, las estrategias de manejo del fuego se basan en conocer previamente el comportamiento potencial del fuego en un ecosistema forestal determinado (Stephens y Ruth, 2005; Hann y Bunnell, 2001). Para esto, se han desarrollado muchos sistemas de simulación del comportamiento del fuego, como, por ejemplo, FARSITE (Finney, 2004), que es uno de los sistemas más completos y más utilizados. Sin embargo, todos estos sistemas requieren de información sobre la distribución espacial de los combustibles forestales, los cuales, en la mayoría de los casos, se representan bajo el concepto de modelos de combustible, que corresponden a una descripción generalizada de las características físicas del combustible (Keane et al., 2001). De esta forma, la generación de cartografía de modelos de combustible ha seguido, en general, dos tendencias: 1) inferencias indirectas, en las que algunos factores como la vegetación, las especies y la densidad, presumiblemente asociados a la producción de combustible, se relacionan con un modelo de combustible determinado (Keane et al., 1999; Chuvieco y

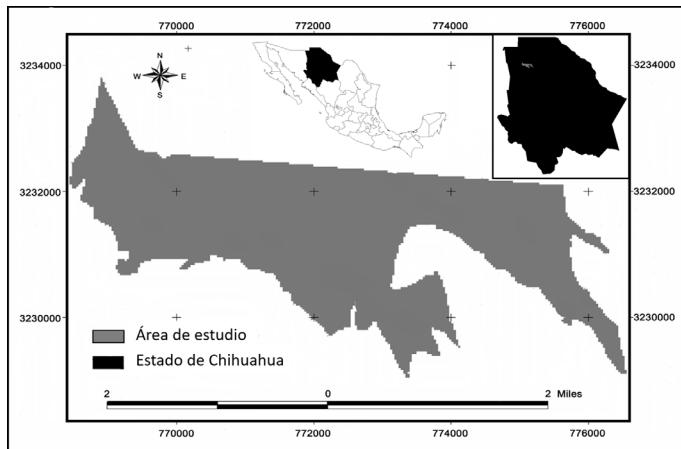
Salas, 1996); y 2) clasificación de modelos de combustible validada mediante el criterio de los expertos (Valdez, 2001), lo que puede implicar un enfoque sesgado. Más aún, aunque un experto pueda ubicar en un bosque diferentes modelos de combustible, frecuentemente, es difícil establecer los límites espaciales entre un modelo y otro (Arroyo *et al.*, 2008; Reich *et al.*, 2004). Además, no hay garantía de que dos, o más expertos, clasifiquen una misma zona con los mismos modelos de combustibles (Flores, 2001). También debe considerarse que el uso de metodologías de inferencia ha demostrado tener una precisión muy variable (entre el 30 % y el 70 % [Keane *et al.*, 2001]). Para evitar estos conflictos, sugiere el uso del Concepto Condicional de Cargas de Combustibles (C4) (Flores, 2017), el cual se basa en que cada modelo de combustible se caracteriza por una determinada proporción de cargas de combustibles (t/ha), de 1 hora, 10 horas, y 100 horas. Para determinar el C4 se requiere de contar con información de combustibles derivada de sitios muestreos en campo, con lo que se podrá determinar el modelo de combustibles correspondiente. El siguiente paso es generar, con base en estos sitios, la cartografía que ubique y delimita los diferentes modelos de combustibles, para lo cual se hace uso de técnicas geoestadísticas que permiten estimaciones precisas de su continuidad espacial (Sikkink y Keane, 2008; Robichaud, 1997). Además, las técnicas geoestadísticas funcionan bien con datos escasos (Burrough y MacDonnell, 1998), lo que puede reducir tanto el costo como el tiempo necesario. La información de campo y los procesos geoestadísticos, se integran en un sistema de información geográfica (SIG), para definir en forma práctica la distribución espacial de los modelos de combustibles (Pierce *et al.*, 2009; Bååtha *et al.*, 2002).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó con información de un bosque comercial del ejido “El Largo y Anexos”, el cual se localiza dentro de la región denominada Mesa del Huracán, al noroeste del estado de Chihuahua, México (Figura 1). Las especies arbóreas predominantes son *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. engelmannii* y *Quercus sideroxyla*. La mayor parte de la topografía es montañosa, con una altitud entre 1,400 y 2,400 m, con algunos valles. La temperatura media anual oscila entre los 8.5 °C y los 12 °C. Las precipitaciones oscilan entre 690 y 1,130 mm/año (la mayor parte de la temporada de lluvias se produce de julio a septiembre). La temporada de incendios es en verano, durante la estación seca (de mayo a junio).

Figura 1. Ubicación de área de estudio, dentro de la “Mesa del Huracán”, a 270 km de la ciudad de Chihuahua, México (UTM Zona 12).



2.2. INVENTARIO DE COMBUSTIBLES

La información utilizada en este estudio se recopiló de 554 sitios de muestreo (1,000 m²), distribuidas aleatoriamente en un área de aproximadamente 1,200 ha. En estos sitios se evaluaron los combustibles forestales de 1, 10 y 100 horas, lo cual se basó en la metodología descrita por Brown *et al.* (1982).

2.3. PROPORCIÓN CONDICIONAL DE CARGAS (PCC)

El C4 tiene su base en el concepto de proporción condicional de cargas (PCC), el cual se desarrolló solo para tres modelos de combustibles (Flores, 2017), donde para clasificar cada uno de los sitios muestreados, en el modelo de combustible (MC) correspondiente, se considera que cada modelo contiene una cantidad y proporción específica de combustible de 1 hora, 10 horas y 100 horas. Sin embargo, el PCC está limitado solo complejo de combustible «hojarasca», donde se ubican los modelos de combustible 8, 9 y 10 (Anderson, 1982), cuyas cargas de combustibles características se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cargas de combustible (toneladas/hectárea) correspondientes al complejo de combustible de “hojarasca de bosque”, según la clasificación NFFL International Fire Service Training Association, 1998.

Modelo de combustibles	Complejo de combustibles	1-hr	10-hrs	100-hrs
		t/ha		
MC-8	Hojarasca de bosque cerrado	3.36	2.24	5.60
MC-9	Hojarasca de bosque de maderas duras	6.55	0.92	0.34
MC-10	Hojarasca y sotobosque de bosque	6.75	4.88	11.23

Basándose en la carga característica de combustibles, se definen las siguientes «proporciones condicionales» para cada parcela de muestra:

- 1) La suma de la carga característica de combustible de 10HR y 100HR para MC-8 es de 7,84 toneladas/ha. Para efectos prácticos, este valor se consideró un número entero (8). Por lo tanto:

$$\text{si } (10\text{HR} + 100\text{HR}) < 8 \Rightarrow \text{MC-9}$$

- 2) Basado en una clasificación manual de varios sitios de muestreo, se definió un factor de 18.8 (aprox. 19), que resulta de multiplicar la carga de combustibles de 1HR por la carga de los combustibles de 100HR: Esto permite diferenciar entre los sitios correspondientes a los modelos de combustibles 8 y 10. De esta forma:

$$\text{si } (1\text{HR} * 100\text{HR}) > 19 \Rightarrow \text{FM-10.}$$

- 3) Con fines prácticos, se considera que los sitios restantes, sin clasificar, correspondían a FM-8.
- 4) Las especies de roble son típicas del MC-9 (Anderson, 1982). Por lo tanto, una vez clasificados los sitios, todos aquellos en los que se encontraba *Quercus* spp se reclasifican como FM-9.

2.4. CONCEPTO CONDICIONAL DE CARGAS DE COMBUSTIBLES (C4)

A diferencia del PCC, C4 considera los trece modelos presentados por Albini (1976) para clasificar cada uno de los sitios de muestreo en su correspondiente modelo de combustible. Para esto se consideró que cada modelo está condicionado a una determinada cantidad y proporción de cargas (t/ha^{-1}) de los combustibles de 1 hora (1HR), 10 horas (10HR) y 100 horas (100 HR), establecidas por Anderson (1982). Este enfoque se denomina Concepto Condicional de Cargas de Combustibles (C4), el Cuadro 2 muestra los rangos de C4 correspondientes a cada modelo de combustibles, cuyo valor se determina con la siguiente formula:

$$\text{C4} = 1\text{HR} + 10\text{HR} + 100\text{HR} + (1\text{HR} * 100\text{HR})$$

Cuadro 2. Valores del Concepto Condicional de Cargas de Combustibles (C4) y rangos límite que definen los modelos de combustible (Anderson, 1982).

C4	Límite* menor	Límite* mayor	Límite menor ajustado	Límite mayor ajustado	Modelo de combustible
1.73	1.56	1.90	0	3	1- Pastos cortos (0.30 m)
3.71	3.34	4.08	3	5	5- Matorral (0.6 m)
7.41	6.67	8.15	5	10	3- Pasto alto (0.76 m)
12.19	10.97	13.41	10	13	9- Hojarasca de latifoliadas
14.75	13.28	16.23	13	19	2- Madera y pasto
21.19	19.08	23.31	19	25	7- Arbustos sureño
33.14	29.83	36.46	25	30	6- Matorral en dormancia - Latifoliadas
35.25	31.73	38.78	30	40	8- Hojarasca de bosque cerrado
78.79	70.91	86.67	40	80	11- Residuos de corta ligera
88.24	79.42	97.07	80	100	4- Chaparral (1.83 m)
116.30	104.67	127.93	100	400	10- Bosque (hojarasca y sotobosque)
488.25	439.43	537.08	400	1000	12- Residuos de corta ligera
1344.64	1210.18	1479.10	1000	1500	13- Residuos de corta intensa

* Límites establecidos con $\pm 10\%$ del valor de C4.

2.5. MAPEO DE MODELOS DE COMBUSTIBLES

Después de asignar los valores de C4 a cada uno de los sitios de muestreo, se determinó el modelo de combustibles correspondiente. Para pasar de una distribución puntual (sitios de muestreo) a una distribución continua, se utilizó la técnica de interpolación kriging ordinario (KO). La ventaja de usar este interpolador es que se considera el “mejor estimador lineal insesgado” (Isaaks y Srivastava, 1989): **a)** Lineal, porque sus estimaciones son combinaciones lineales ponderadas de los datos disponibles.; **b)** Insesgado, porque tiende a generar un error cuadrático medio igual a cero. ($\sum [Estimado(x_0) - Verdadero(x_0)] = 0$, y $\sum \lambda_i = 0$); y **c)** El mejor, porque tiene como objetivo minimizar la varianza de los errores. ($\sum [Estimado(x_0) - Verdadero(x_0)]^2 = \text{mínimo}$). A continuación, se presenta la derivación matemática de estas restricciones y de los sistemas de ecuaciones para determinar los pesos de interpolación (λ_i), para calcular las estimaciones OK y la varianza (Hunner, 2000; Isaaks y Srivastava, 1989):

$$\hat{Z}_{OK}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i * z_{(x_i)}$$

$$\sigma_{OK}^2(x_0) = C(x_0, x_0) - \sum_{i=1}^n \lambda_i * C(x_i, x_0) + \mu$$

Donde:

$\hat{Z}_{OK}(x_0)$ = Estimación por kriging ordinario en la ubicación x_0 ;

λ_i = Ponderación para el punto de muestra i en la ubicación x_i ;

$Z(x_i)$ = Valor de la variable observada Z en la ubicación x_i ;

$\sigma_{OK}^2(x_0)$ = Varianza de kriging ordinario en la ubicación x_0 ;

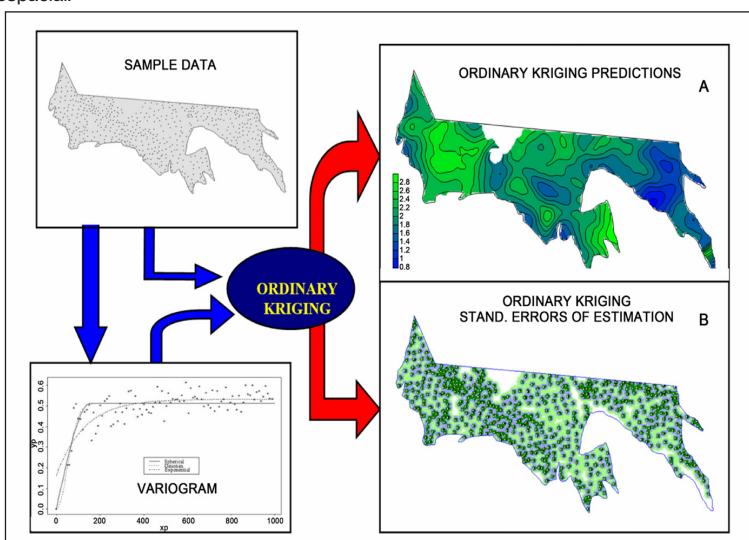
$C(x_0, x_0)$ = Covarianza del punto que se estima en la ubicación x_0 consigo mismo;

$C(x_i, x_0)$ = Covarianza del punto de muestreo en la ubicación x_i y el punto que se va a estimar en la ubicación x_0 ;

μ = Parámetro de Lagrange.

El proceso de kriging ordinario comienza con el cálculo del variograma experimental, al cual se le ajusta un modelo teórico (Figura 2), con el que se generaron (interpolaron) los valores del C4 para las áreas no muestreadas, definiéndose un mapa continuo. Posteriormente, de acuerdo a los límites establecidos en el Cuadro 1, este mapa se clasificó en los modelos de combustibles correspondientes. En proceso de KO generó también el mapa continuo de las varianzas de las estimaciones (Hunner, 2000).

Figura 2. Diagrama del proceso de kriging ordinario. El gráfico del variograma ilustra tres modelos diferentes de continuidad espacial.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. AJUSTE DE VARIOGRAMA

Los resultados de una matriz de proximidad general se muestran en el Cuadro 3. Aunque la distancia máxima entre puntos era superior a 8,5 km, el 75 % de las parcelas de muestreo tenían una distancia inferior a 3,8 km. El conocimiento de la distancia mínima entre puntos (en este caso, 40 m) resultó útil para definir la distancia de desfase utilizada para definir el variograma experimental. Se desarrolló un variograma omnidireccional para los modelos de combustible (MC) bajo un enfoque isotrópico (Figura 3). La distancia de retraso (*lag*) de 20 m y dos vecinos mostraron los mejores resultados en la definición de este variograma experimental. La tolerancia de *lag* aplicada fue la mitad de la distancia de retraso. Se probaron tres modelos definidos positivos (gaussiano, esférico y exponencial) para seleccionar el que mejor se ajustaba al variograma experimental. Se utilizó el criterio de información de Akaike (AIC) (Reich et al., 2004) como criterio para seleccionar el mejor modelo. El AIC es una forma de seleccionar un modelo de entre un conjunto de modelos. El modelo elegido es aquel que minimiza la distancia de Kullback-Leibler entre el modelo y el valor real (Burnham y Anderson, 2003):

$$AIC = -2(\ln(\text{probabilidad}) + 2K)$$

Donde:

Probabilidad= Probabilidad de los datos de un modelo dado;

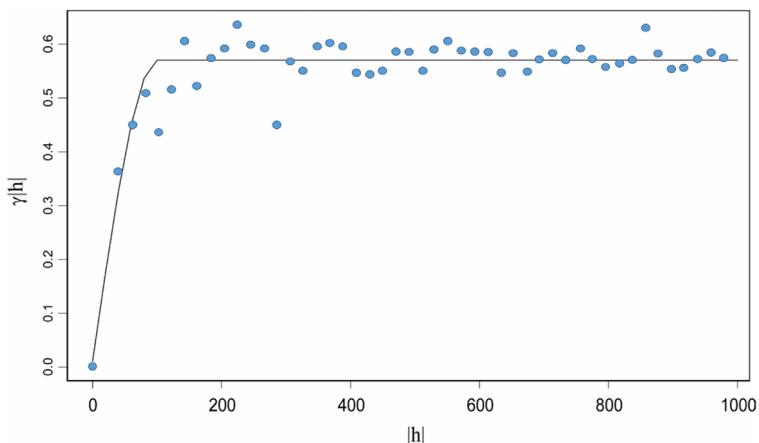
K= Número de parámetros libres en el modelo.

Cuadro 3. Características de la matriz de distancias correspondiente a los combustibles de 1 hora dentro del área de estudio.

Estadísticos	Valores
Número de sitios de muestreo	535
Distancia promedio entre sitios	2,791.10 m
Rango de distancia	8,599.28 m
Distancia mínima entre sitios	40 m
Cuantil	
Primero	1,435.86 m
Medio	2,522.76 m
Tercero	3,896.03 m
Distancia máxima entre sitios	8,639.28 m

En el Cuadro 4 se observa que el modelo esférico dio como resultado el AIC más bajo. El variograma que define este modelo alcanzó la varianza máxima (*sill*) a una distancia de 100 m (rango). Más allá de esta distancia, la variable MC ya no presenta autocorrelación espacial. El modelo esférico dio como resultado un efecto *nugget* muy bajo, lo que ayuda a definir un mejor ajuste.

Figura 3. Variograma experimental y el modelo de mejor ajuste (esférico). Dónde: $\gamma|h|$ = mitad de la diferencia cuadrática media entre los valores de datos pareados, que corresponde a la semivarianza; $|h|$ = distancia entre sitios.



Cuadro 4. Características de los modelos que corresponden al variograma experimental de la continuidad espacial de los modelos de combustible.

Modelo	Efecto nugget	Sill	Rango	AIC
Esférico	0.0109	0.5704	100.86	-110.68
Gausiano	0.0148	0.5703	79.73	-109.97
Exponencial	0.000	0.5768	57.67	-45.62

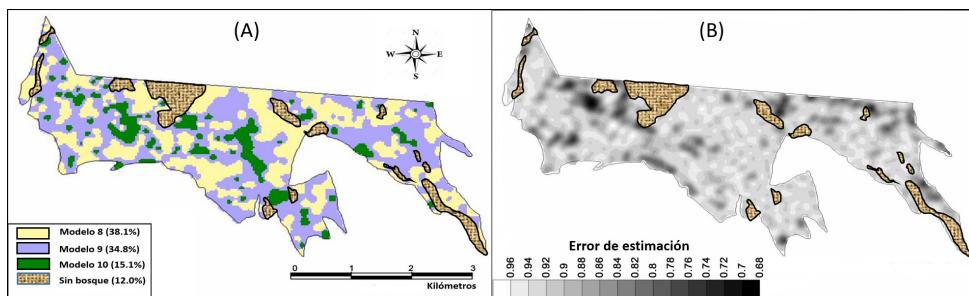
AIC= Criterio de Información de Akaike.

3.2. INTERPOLACIÓN KRIGING

Las estimaciones de KO se realizaron en una cuadricula de 40×40 m, que corresponde a la distancia mínima entre los sitios de muestreo. Dado que las estimaciones resultantes fueron discretas, se utilizaron los siguientes rangos para agrupar cada celda: MC-8 valores de celda de 30 a 40; MC-9 de 10 a 13; y MC-10 de 100 a 400. La Figura 4A muestra el patrón espacial de los tres modelos de combustible resultantes del proceso de KO. La mayor parte de la zona de estudio corresponde a los modelos de combustible 8 y 9 (38,1% y 34,8% respectivamente), mientras que el MC-10 tuvo una cobertura del 15,1%. También se calcularon los errores estándar asociados a las estimaciones (Figura 4B) en

caso de que se quiera una mayor precisión se deberán tomar, en futuros trabajos, una mayor densidad de puntos en áreas de mayor varianza.

Figura 4. Patrón espacial de los modelos de combustible (A) y del error de las estimaciones (B), definidos con base al proceso kriging ordinario.



4. DISCUSION

La implementación espacial del concepto de modelo de combustible ha causado muchos problemas técnicos, como la dificultad para mapear modelos de combustible en un área determinada. Además, los modelos de combustible no reflejan la variabilidad espacial real de las características del combustible, lo cual se debe a que los mapas de modelos de combustible tienden a clasificar grandes considerando que la distribución de combustibles es homogénea (dentro del mismo modelo de combustibles). Basado en esta perspectiva, se asume también que el comportamiento del fuego potencial tenderá a ser el mismo, para un período de proyección determinado. Lo anterior implica que el enfoque de “modelos de combustibles” sería útil en áreas donde la vegetación y los combustibles no tienen variaciones espaciales, sin embargo, en la práctica, esta condición es muy poco frecuente. No obstante, el mapeo de combustibles bajo el concepto de “modelos de combustibles” se ha usado con éxito en muchos sistemas de simulación del comportamiento del fuego (Finney, 2004; Keane et al., 2001), para respaldar estrategias de gestión de incendios a gran escala. Sin embargo, considerando incendios que abarcan áreas pequeñas (p.e. de 30 a 100 ha), es necesario conocer, con mayor exactitud espacial, la distribución, dimensionamiento y límites de los modelos de combustibles, lo cual, a su vez, permitiría definir el comportamiento del fuego a escalas mayores.

La clasificación de modelos de combustibles en un área determinada debe combinar dos requisitos: 1) Componente de clasificación, donde debe hacerse una elección correcta de los modelos de combustibles; y 2) Componente espacial, que implica una determinación, lo mayormente precisa posible, de la distribución espacial de los modelos de combustibles. En cuanto al primer punto, el uso del criterio de los

expertos ha sido usado para asignar los MC que corresponden a un área determinada, sin embargo, bajo este criterio, la definición de la distribución espacial de los MC (tamaño, límites y ubicación) puede implicar un desacuerdo entre la opinión de dos o más expertos. Con el propósito de que el proceso de clasificación tienda a ser más objetivo, se han implementado estrategias con cierta estandarización, como lo son el uso de SIG y tecnología de teledetección, con las cuales se ha apoyado el componente espacial en la clasificación de modelos de combustibles. Sin embargo, debido a que la precisión puede considerarse como baja (Keane *et al.*, 2001), la metodología que se ilustrada en este capítulo se orienta a apoyar la consecución tanto del componente de clasificación, como el componente espacial. De esta forma, se pretende definir una forma objetiva de validar no solo la clasificación de los MC, sino también de validar los juicios de los expertos. Más aún, tomando en cuenta las ventajas de las clasificaciones en grandes áreas (basadas en tecnologías como la teledetección), pueden ser apoyadas en las clasificaciones basadas en la presente metodología, mediante la aplicación de metodologías de doble muestreo (Kalkhan *et al.*, 1996; Fulé y Covington, 1994). Para esto, también el uso del kriging ordinario, como técnica de interpolación espacial, resultó muy práctico. Sin embargo, la clasificación de las estimaciones continuas resultantes podía presentar cierto nivel de subjetividad. Por lo tanto, se debían definir umbrales específicos entre un MC y otro. No obstante, la consistencia de las estimaciones, obtenidas mediante la metodología propuesta, facilita mucho más la definición de estos límites, mas aún en comparación a la clasificación basada en el criterio de un experto.

Debido a las limitaciones de costo y tiempo, el trabajo de campo que se requiere para implementar la metodología presentada en este capítulo, podría resultar poco práctica en clasificaciones de MC con fines operativos. Sin embargo, debe considerarse la ventaja que representan el uso de técnicas de interpolación como el kriging, que permiten trabajar con datos escasos y con resultados de alta precisión espacial (Burrough y MacDonnell, 1998). Esta condición permite trabajar con cantidades reducidas de parcelas de muestreo, lo que repercute positivamente tanto en el tiempo, como en el costo, requeridos. Además, la definición espacial del error de estimación, resultante del análisis de kriging, puede utilizarse para definir mejores estrategias de muestreo (intensidad y e distribución). Más aún, podrían utilizar datos auxiliares ya existentes, mediante técnicas de correlación cruzada, como cokriging, con el propósito de complementar o mejorar, la estrategia de muestreo, y tender a la mejor precisión posible de la distribución de los MC. Finalmente, es importante señalar que existen pocos estudios que tiendan a una clasificación objetiva (insesgada) de los MC y, que, a la vez, permita definir su distribución

espacial, por lo que el presente trabajo permite presentar una perspectiva alternativa que puede servir de base para complementarse con un mayor número de MC.

5. CONCLUSIONES

La metodología mostrada permite una definición más objetiva y precisa de la distribución espacial de los modelos de combustible, lo cual, en perspectiva, puede contribuir a una predicción más precisa del comportamiento espacial del fuego. La aplicación del concepto C4 no está supeditada a que se tenga una profunda experiencia previa en la clasificación de modelos de combustible. Además, trabajando dentro una misma área, la aplicación del concepto C4 resultaría estandarización y sistematización de la clasificación de modelos de combustibles. Otras ventajas de esta metodología de clasificación son: 1) se basa en las cargas reales de combustible, y no sólo en la estructura y composición de la vegetación; 2) es objetiva y evita el sesgo de los diferentes clasificadores (expertos); y 3) apoya la validación del asesoramiento de expertos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albini, F. 1976. Estimating wildfire behavior and effects. USDA Forest Service. General Technical Report INT-30. 92 p.
- Anderson, H.E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA Forest Service. General Technical Report INT-122. 22 p.
- Andrews, P.L. 1986. BEHAVE: Fire Behavior Prediction and Fuel Modeling System-BURN Subsystem. Part I. USDA Forest Service. General Technical Report INT-194, 130 p.
- Arroyo, L.A., Pascual, C. and Manzanera, J.A. 2008. Fire models and methods to map fuel types: The Role of Remote Sensing. *Forest Ecology and Management*, 256, 1239-1252.
- Bååtha, H., Gällerspångb, A., Hallsbyc, G., Lundströma, A., Löfgrena, P., Nilssona, M. and Ståhla, G. 2002. Remote sensing, field survey, and long-term forecasting: An Efficient Combination for Local Assessments of Forest Fuels. *Biomass and Bioenergy*, 22: 145-157.
- Brown, J.K., Oberheu, R.D. and Johnston, C.M. 1982. Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West. USDA Forest Service. General Technical Report INT-129, 48 p.
- Burnham, K.P. and Anderson, D.R. 2003. Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretic approach. 2nd Edition, Springer Science & Business Media, Berlin. 488 p.
- Burrough, P.A. and MacDonnell. 1998 Principles of geographical information systems. Clarendon Press Oxford, Oxford, 333 p.
- Chuvieco, E. and Salas, J. 1996. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10: 333-345.

Finney, M.A. 2004. FARSITE: Fire Area Simulator-Model development and evaluation. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Research Paper RMRS-RP-4. 47 p.

Flores G., J.G. 2001. Modeling the spatial variability of forest fuel arrays. Ph.D. Thesis, Colorado State University, Fort Collins. 184 p.

Flores G., J.G. 2017. Spatial distribution of fuel models based on the Conditional-Fuel-Loading concept. *Journal of Environmental Protection*, 9(2): 111-121.

Fulé, P.Z. and Covington, W.W. 1994. Double sampling increases the efficiency of Forest Floor Inventories for Arizona Ponderosa Pine Forests. *International Journal of Wildland Fire*, 4: 3-10.

Hann, W.J. and Bunnell, D.L. 2001. Fire and land management planning and implementation across multiple scales. *International Journal of Wildland Fire*, 10(4): 389-403.

Hunner, G. 2000. Modeling forest stand structure using geostatistics, geographic information systems, and remote sensing. Thesis, Colorado State University, Fort Collins. 218 p.

International Fire Service Training Association. 1998. Fundamentals of wildland fire fighting. 3rd Edition, Fire Protection Publications. 472 p.

Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M. 1989. An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New York. 592 p.

Kalkhan, M.A., Reich, R.M. and Czaplewski, R.L. 1996. Statistical properties of measures of association and the Kappa statistic for assessing the accuracy of remotely sensed data using double sampling. In: Todd, M.H., Czaplewski, R.L. and Hamre, R.H., Eds., Proceedings of the 2nd International Symposium: Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, USDA Forest Service GTR-277, 467-476.

Keane, R.E., Burgan, R. y van Wagtendok, J. 2001. Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integ Rating Remote Sensing, GIS, and Biophysical Modeling. *International Journal of Wildland Fire*, 10: 301-319.

Keane, R.E., Mincemoyer, S.A., Schmidt, K.M., Long, D.G. and Garner, J.L. 1999. Mapping vegetation and fuels for fire management on the Gila National Forest complex, New Mexico. USDA Forest Service. General Technical Report RMRS-GTR-46-CD. 126 p.

Kennard, D.K. and Outcalt, K. 2006. Modeling spatial patterns of fuels and fire behavior in a longleaf pine forest in the southeastern USA. *Fire Ecology*, 2: 31-52.

Pierce, K.B., Ohmann, J.L., Wimberly, M.C., Gregory, M.J. and Friedd, J.S. 2009. Mapping wildland fuels and forest structure for land management: A comparison of nearest neighbor imputation and other methods. *Canadian Journal of Forest Research*, 39: 1901-1916.

Reich, R.M., Lundquist, J.E. and Bravo, V.A. 2004. Spatial models for estimating fuel loads in the Black Hills, South Dakota, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 13: 119-129.

Robichaud, P.R. 1997. Geostatistics: A new tool for describing spatially-varied surface conditions from timber harvested and burned hillslopes. *American Society of Agricultural Engineers*, Paper No. 97. 136 p.

Sikkink, P.G. and Keane, R.E. 2008. A comparison of five sampling techniques to estimate surface fuel loading in montane forests. *International Journal of Wildland Fire*, 17: 363-379.

Stephens, S.L. and Ruth, L.W. 2005. Federal forest-fire policy in the United States. Ecological Applications, 15: 532-542.

UCODEFO-2. 1997. Aplicación del inventario forestal continuo (I.F.C.) en los bosques del “Ejido El Largo”, Chihuahua, México. Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal No. 2. 35 p.

Valdez, L.J.R. 2001. Optimal spatial location of forest fuel management activities. Ph.D. Thesis, Colorado State University, Fort Collins. 124 p.

SOBRE O ORGANIZADOR

Xosé Somoza Medina (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis “Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000”. Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité “Monitoring cities of tomorrow” de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto 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 (Sofia), 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

