

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 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 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 bilíngue

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 10

EFECTO DEL FUEGO SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES FORESTALES EN SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA DE MÉXICO¹

Data de submissão: 30/09/2024

Data de aceite: 15/10/2024

José German Flores-Garnica

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental
Centro Altos de Jalisco
Tepatlán de Morelos, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-8295-1744>

Daniel Alejandro Cadena-Zamudio

Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México GISeM
Veracruz, México
<https://orcid.org/0000-0002-6972-7414>

Ana Graciela Flores-Rodríguez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Campo Experimental
Centro Altos de Jalisco
Tepatlán de Morelos, Jalisco, México
<https://orcid.org/0000-0002-1544-2077>

RESUMEN: Introducción: De manera recurrente, los ecosistemas tropicales son impactados por incendios forestales, lo que genera una importante pérdida del arbolado debido a que son considerados sensibles al fuego. Objetivo: Evaluar el efecto del fuego en la regeneración natural y diversidad de especies forestales de una selva mediana subperennifolia del sureste de México. Métodos: Se clasificó la regeneración natural en tres categorías de altura (de 0 a 30 cm, de 31 cm a 1 m y de 1 a 3 m) y el arbolado adulto en tres sitios quemados y tres no quemados por un incendio forestal. Resultados: Se registró un total de 1193 individuos pertenecientes a 69 especies en 29 familias taxonómicas. La regeneración de 0 a 30 cm presentó diferencias significativas en la diversidad de especies en los sitios no quemados, mientras que en la regeneración de 1 a 3 m en los sitios quemados. Conclusiones: La regeneración después del incendio se estableció con un bajo número de especies, pero de forma constante, indicando una tendencia a la resiliencia de la vegetación. Esta información permite a las instituciones gubernamentales tomar mejores decisiones sobre el manejo y prevención de estos ecosistemas en México.

PALABRAS CLAVE: Conservación. Resiliencia. Riqueza. Composición vegetal. Incendios forestales.

¹ Los resultados de este trabajo se derivaron del proyecto, **Determinación de áreas prioritarias para implementar estrategias de restauración en ecosistemas impactados por incendios forestales**, por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México.

EFFECT OF FIRE ON THE DIVERSITY OF FOREST SPECIES IN MEDIUM-SIZED SUBEVERGREEN FOREST OF MEXICO

ABSTRACT: Introduction: Tropical ecosystems are recurrently impacted by forest fires, which generate a significant loss of trees because they are considered sensitive to fire. Objective: To evaluate the effect of fire on natural regeneration and forest species diversity in a medium sub evergreen forest in southeastern Mexico. Methods: Natural regeneration was classified into three height categories (0 to 30 cm, 31 cm to 1 m and 1 to 3 m) and adult trees in three sites burned and three unburned by a forest fire. Results: A total of 1193 individuals belonging to 69 species in 29 taxonomic families were recorded. Regeneration from 0 to 30 cm presented significant differences in species diversity in unburned sites, while in regeneration from 1 to 3 m in burned sites. Conclusions: Regeneration after the fire was established with a low but constant number of species, indicating a tendency towards vegetation resilience. This information allows government institutions to make better decisions on the management and prevention of these ecosystems in Mexico.

KEYWORDS: Conservation. Resilience. Richness. Vegetation composition. Forest fires.

1 INTRODUCCIÓN

La península de Yucatán posee una de las regiones con mayor superficie de selvas tropicales en México. Se caracterizan por una estacionalidad muy marcada con una composición florística dominante (Fabaceae), diferentes patrones estructurales y una alta tasa de recambio de especies (diversidad β) (Hernández-Ramírez y García-Méndez, 2015). A pesar de su importancia, son considerados ecosistemas amenazados debido a la reducción de la cubierta forestal y a la presencia de huracanes e incendios forestales. En particular, la presencia de los incendios forestales originan alteraciones que inciden de manera directa en la diversidad y dinámica sucesional de las selvas tropicales (Martínez-Garza *et al.*, 2022). Es decir, después de paso del fuego, el proceso de regeneración natural determina qué árboles serán reemplazados debido a que muchas especies son intolerantes a la sombra en su etapa de establecimiento, por lo que se ven favorecidas por la apertura de claros que resulta del impacto del fuego. Si bien no todas las especies responden de la misma forma al fuego, están supeditadas a sus estrategias regenerativas (Martínez-Garza *et al.*, 2022).

Un adecuado entendimiento del proceso de restauración requiere de contar con información sobre varios aspectos, como disposición y viabilidad de semillas, especies invasoras, sucesión vegetal, fenología de las especies, entre otras. El entendimiento de estos aspectos es relevante para apoyar las estrategias de restauración de los ecosistemas de selva tropical, para lo cual se deben realizar evaluaciones continuas que permitan determinar evidencias de que la dinámica de sucesión tiende a la restauración de estos (Gómez *et al.*, 2013). De esta forma se pueda definir que aspectos favorecen,

cuales obstaculizan y que procesos de restauración elegir en diferentes etapas de desarrollo de la comunidad vegetal para determinar si tiende a la resiliencia (Vargas, 2011). No obstante, poco se conoce sobre los procesos de restauración de las selvas subperenifolias en la península de Yucatán, lo que limita el éxito de la implementación de estrategias adecuadas para la restauración de los ecosistemas impactados por incendios forestales.

En este sentido, los cambios climáticos extremos como los incendios forestales se presentan con mayor frecuencia y severidad en los ecosistemas tropicales, por lo que la generación de conocimiento a partir de la regeneración natural como la evaluación en los cambios en la diversidad de especies en diferentes áreas afectadas por el fuego en las selvas medianas subperenifolias se vuelve un tema prioritario (Hernández-Ramírez y García-Méndez, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del fuego en la regeneración natural y diversidad de especies forestales de una selva mediana subperennifolia del sureste de México. Con la información generada en este estudio permitira impulsar diferentes estrategias que promuevan tomar mejores decisiones a las instituciones gubernamentales para que se promueva la prevención, manejo y conservación de unas de las reservas de la biósfera más importantes en México.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El muestreo se realizó en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo, México (19° 59' 40.33" N - 87° 38' 18.3" W). Esta área fue impactada por un incendio forestal en los meses de julio y agosto del 2019 afectando un total de 3,203.71 ha, siendo la selva mediana subperennifolia la de mayor afectación con 148.66 ha (CONANP, 2021).

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y COLECTA DE MATERIAL BIOLÓGICO

En el año 2022 se estableció un diseño experimental pareado con tres sitios quemados y tres no quemados. En cada sitio se evaluaron diferentes categorías de regeneración natural de la vegetación posterior a un incendio forestal de acuerdo: a) una unidad de muestreo circular de 400 m² para el arbolado adulto (DAP_≥7.5 cm); b) tres sub-sitios circulares de 5 m², para la regeneración de 0 a 30 cm de altura; c) tres sub-sitios cuadrados de 25 m², para la regeneración mediana de 31 cm a 1 m de altura; y d) tres sub-sitios cuadrados de 64 m², para la regeneración grande de 1 a 3 m de altura (ver Flores-Garnica *et al.*, 2018). Se realizaron colectas de muestras botánicas de las especies de

plantas encontradas en el campo en todos los sitios de muestreo de todas las categorías de regeneración y del arbolado adulto. La identificación taxonómica fue validada en la base de datos World Flora Online (2023).

2.3 ABUNDANCIA, RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Se elaboraron curvas de rango-abundancia, en las que se usó el número de especies y de individuos por especie registrados en cada sitio (quemado/no quemado), por nivel de regeneración. Las curvas se graficaron de acuerdo con el logaritmo base 10 de la proporción de cada especie ($\text{Log}_{10} \pi_i + 1$), y los datos se ordenaron de la especie más abundante a la menos abundante. Se realizó una prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon entre sitios por regeneración y arbolado. La riqueza de especies se evaluó a través del análisis de curvas de rarefacción/extrapolación (Chao y Jost, 2015). Este análisis se hizo para cada nivel de regeneración y el arbolado entre los sitios. De esta forma, las curvas se construyeron a partir de datos de abundancia de especies considerando 999 remuestreos (bootstrap). Específicamente, las curvas de rarefacción/extrapolación definieron una medida de completitud de la población, o comunidad, pertenecientes a las especies incluidas en la muestra (Chao y Jost, 2015). Los análisis fueron realizados en el software iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016) disponible en <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>. Finalmente, se calcularon los índices de diversidad Shannon, dominancia Simpson e igualdad de Pielou's (J'), se utilizaron contrastar estadísticamente los valores registrados entre sitios por regeneración y arbolado mediante la prueba t (Zar, 1999). Los análisis se llevaron a cabo con el software PAST (Hammer *et al.*, 2001).

3 RESULTADOS

3.1 COMPOSICION Y ABUNDANCIA

En los seis sitios de estudio se registró un total de 1193 individuos pertenecientes a 69 especies en 29 familias taxonómicas (Tabla 1). Las familias con mayor riqueza de especies fueron Fabaceae (15), Euphorbiaceae (6), Rubiaceae (6) y Spindaceae (5), mientras que Arecaeae, Polygonaceae y Salicaceae solo registraron 3 cada una. Las primeras cuatro familias incluyen el 46% de las especies registradas en el estudio, en cambio solo 22 familias (76%) están representadas por una o dos especies. En los sitios quemados se registraron 461 individuos de 52 especies pertenecientes a 28 familias. Por el contrario, en los no quemados se registraron 732 individuos de 51 especies pertenecientes a 24 familias. Las familias Urticaceae y Moraceae se registraron en sitios quemados, mientras que Malpighiaceae solo en lo no quemado.

Tabla 1. Listado de especies registradas selva media subperennifolia de la reserva de la Biósfera de Sian ka'an en los sitios quemados (Q) y no quemado (NQ).

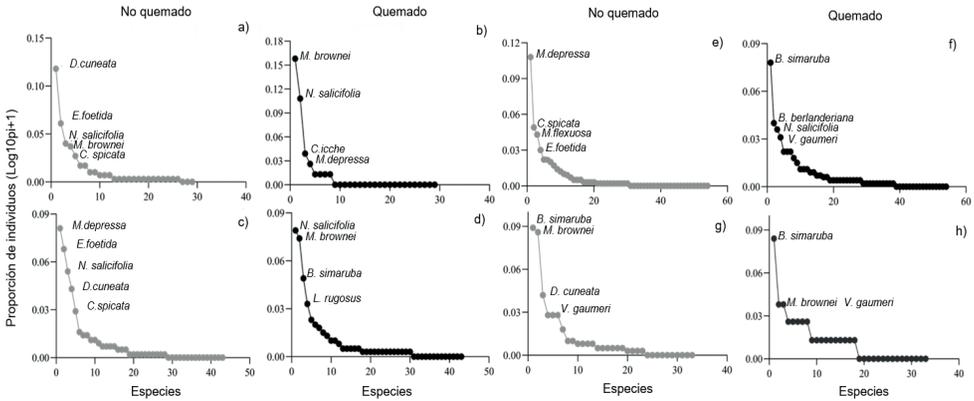
Familias/especies	0-30 cm		31cm-1 m		1-3 m		Arbolado	
	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ
Acanthaceae								
<i>Bravaisia berlanderiana</i> (Ness.) T. F. Daniel	1		1	1	22			
Anacardiaceae								
<i>Metopium brownei</i> (Jacq) Urban.	14	11	31	3	12	1	3	37
Annonaceae								
<i>Malmea depressa</i> (Bailon) R. E. Fries.	2	2	6	6		13		
<i>Mosannona depressa</i> (Baill.) Chatrou		5	2	39	1	70		3
Apocynaceae								
<i>Plumeria rubra</i> L.						1		
<i>Thevetia gaumeri</i> Hemsl.		1	5		12	3	1	3
Araliaceae								
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch							1	
Arecaceae								
<i>Desmoncus orthacanthos</i> Mart.		3		1	2			
<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.		2	1	3	6	26		
<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult. f.		3				8		
Burseraceae								
<i>Bursera simaruba</i> (L) Sarg.	1	1	20		45		7	38
Capparaceae								
<i>Capparidastrum mollicellum</i> (Standl.) Cornejo & Iltis				3	2	1		
Ebenaceae								
<i>Diospyros cuneata</i> Stand.		39	1	20	1	13		17
Ehretiaceae								
<i>Ehretia tinifolia</i> L.			2	2		2		
Euphorbiaceae								
<i>Croton arboreus</i> Millsp.		1	0	6		4	1	
<i>Croton icche</i> Lundell.	3	1	7	1			2	3
<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.		1	1					
<i>Jatropha subsect Gaumeri</i> Dehgan.		1			2	2		
<i>Sebastiania adenophora</i> Pax & K. Hoffm.			1					
Fabaceae								
<i>Bauhinia divaricata</i> L.								1
<i>Caesalpinia gaumeri</i> Greenm.		1		1	1	2		2
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.				1		1		
<i>Dalbergia granadillo</i> Pittier								2
<i>Desmodium incanum</i> (Sw.) DC.			2		1			4
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.					2			

<i>Ficus mexicana</i> (Miq.) Miq.			8			6		
<i>Havardia albicans</i> (Kunth) Britton & Rose						2		
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth.	1	13	1	12				4
<i>Lonchocarpus xuul</i> Lundell		4		6	1			
<i>Lonchocarpus yucatanensis</i> Pittier	1		5		6			2
<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth		1		10			2	11
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.		1					1	7
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.				1				
<i>Senegalia gaumeri</i> (S. F. Blake) Britton & Rose				4			1	
Lamiaceae								
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.		4	3	17			3	11
Lauraceae								
<i>Nectandra salicifolia</i> (HBK) Nees.	9	12	33	25	20	12	2	
Malpighiaceae								
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.			4			5		
Malvaceae								
<i>Ceiba aesculifolia</i> Britten & Baker f.	1							1
<i>Hampea trilobata</i> Standl.			1	2	2	1		
Moraceae								
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.			2				1	
<i>Ficus crassinervia</i> Desf. ex Willd.					2			
Myrtaceae								
<i>Eugenia foetida</i> M. Vahl	19	9	32	2	18			1
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	1							
Phyllanthaceae								
<i>Phyllanthus micinianus</i> Baill.					1			
Polygonaceae								
<i>Coccoloba spicata</i> Lundell		8		13		30		2
<i>Neomillspaughia emarginata</i> (H. Gross) S.F. Blake				1		3		
<i>Rumex obtusifolius</i> L.		2		7	3	7		
Putranjivaceae								
<i>Drypetes laterifolia</i> (Sw.) Krug & Urb.			1					
Rubiaceae								
<i>Guettarda elliptica</i> Sw.					1			1
<i>Hamelia patens</i> Jacq.		1	3		2			
<i>Psychotria pubescens</i> Swartz.	1		1		2		2	
<i>Randia aculeata</i> L.							3	
<i>Randia truncata</i> Greenm. & C.H. Thomps.		1	1	1		2		
Rutaceae								
<i>Esenbeckia pentaphylla</i> Griseb.				1				
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.		2	1	4			1	

Salicaceae					
<i>Laetia thamnia</i> L.	1				
<i>Samyda yucatanensis</i> Standl.		2			
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.			1		1
Sapindaceae					
<i>Allophylus cominia</i> (L.) Sw.	1				
<i>Cupania belizensis</i> Standl.			8		
<i>Melicoccus oliviformis</i> (Radlk.) Acev. Rodr.					1
<i>Sapindus saponaria</i> L.					2
<i>Thouinia paucidentata</i> Radlk.	5		1		3
Sapotaceae					
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	1		1	1	
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen.		5	1	10	1
Simaroubaceae					
<i>Simarouba glauca</i> DC.	1		3	1	11
Solanaceae					
<i>Nicotiana</i> sect. <i>Tabacum</i> G. Don				1	
<i>Solanum erianthum</i> D. Don			5		
Urticaceae					
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.			5		2

La abundancia de las especies registradas en la selva mediana subperenifolia fueron diferentes dependiendo de la categoría de altura de la regeneración y del impacto del fuego. En la regeneración de 0 a 30 cm las especies *Diospyros cuneata* Standl., *Eugenia foetida* M. Vahl, *Nectandra salicifolia* (HBK) Nees y *Metopium brownei* (Jacq) Urban fueron las que presentaron mayor abundancia y dominancia en los sitios no quemados ($z = -255.0$, $P = 0.001$), solo *M. brownei* y *N. salicifolia* se registraron en sitios quemados (Figura 1 a y b). Para la regeneración de 31 cm a 1 m las especies dominantes fueron *Mosannonna depressa* (Baill.) Chatrou y *Eugenia foetida* M. Vahl así como *N. salicifolia* y *M. brownei* para ambos sitios (Figura 1 c y d). En la regeneración de 1 a 3 m destaca *Malmea depressa* (Bailon) R. E. Fries con mayor dominancia en sitios no quemados mientras que *Bursera simaruba* (L) Sarg en los quemados (Figura 1 e y f). Finalmente, en el arbolado *B. simaruba* fue la especie con mayor dominancia en ambos sitios (Figura 1 g y h).

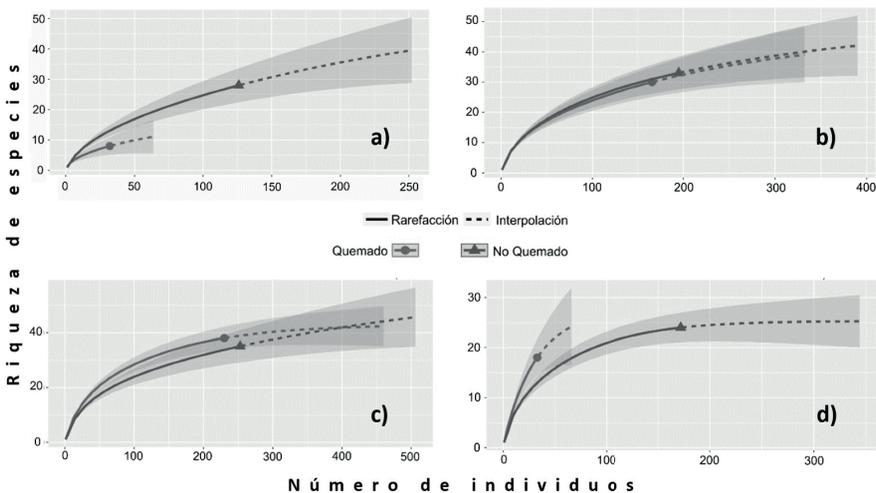
Figura 1. Curvas de rango-abundancia en los diferentes niveles de regeneración: a y b) 0 a 30 cm; c y d) 31 cm a 1 m; e y f) 1 a 3 m; g y h) Arbolado en sitios quemados/no quemados.



3.2 RIQUEZA Y DIVERSIDAD

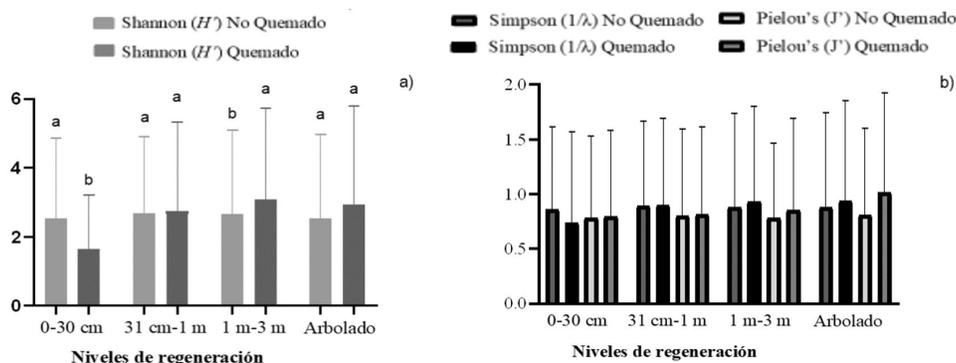
La regeneración de 0 a 30 cm en los sitios no quemados presentó la mayor riqueza como lo revela la curva de rarefacción que creció rápidamente en función de los individuos de la muestra, mientras que los sitios quemados presentaron la menor abundancia y riqueza de especies (Figura 2a, $P>0.05$). En cambio, la regeneración de 31 cm a 1 m y 1 a 3 m presentaron la mayor abundancia de individuos con una riqueza de especies similar en sitios no quemados ($S=32$ y $S=29$) y quemados ($S=35$, $S=38$) (Figura 2b, c). Finalmente, el arbolado presentó mayor abundancia y riqueza en sitios no quemados (Figura 2d).

Figura 2. Curvas de rarefacción-extrapolación en las categorías a) 0 a 30 cm; b) 31 cm a 1 m; c) 1 a 3 m; d) Arbolado. La línea continua indica interpolación y línea punteada indica extrapolación y la sombra muestra el intervalo de confianza del 95%.



La regeneración de 0 a 30 cm registró mayor diversidad de especies en los sitios no quemados que en los quemados (Figura 3a, $t = 4.3081$, $P = 0.001$). La regeneración de 31 cm a 1 m tuvo valores altos en diversidad sin diferencias significativas entre los sitios ($P > 0.05$). En cambio, la regeneración de 1 a 3 m registró el valor más alto de diversidad en los sitios quemados por el incendio forestal (Figura 3a, $t = -3.9905$, $P = 0.001$). De igual forma el arbolado en sitios quemados registró valores altos en diversidad, pero sin diferencias significativas ($P > 0.05$). La dominancia de la regeneración de 0 a 30 cm registró valores mayores en sitios quemados mientras que la regeneración de 1 a 3 m y el arbolado registraron los valores de dominancia más bajos en sitios quemados (Figura 3b). Con respecto a la equitatividad se observaron valores entre 0.7 y 0.85 en los sitios quemados/no quemados (Figura 3b).

Figura. 3. A) Índice de Diversidad de Shannon (H'), B) Dominancia de Simpson ($1/\lambda$) y equitatividad de Pielou's (J') en los diferentes niveles de regeneración en sitios quemados/no quemados. Las letras diferentes representan diferencias significativas $P < 0.05$.



4 DISCUSIÓN

4.1 COMPOSICIÓN Y ABUNDANCIA

Se encontró que las familias Burseraceae, Lauraceae y Anacardiaceae fueron las más abundantes en los sitios quemados con la presencia de las especies *B. simaruba*, *N. salicifolia* y *M. brownei* respectivamente. Se ha reportado que *M. brownei* es una especie que persiste después de la perturbación al fuego debido a su capacidad de rebrote que la hace una especie dominante en la regeneración post-fuego en las selvas tropicales (Wolfe, 2009). De igual forma, *B. simaruba* y *N. salicifolia* son especies que logran persistir después de un incendio debido a sus características como latencia física en la semilla, grosor de tallo y presencia de rizomas que les permiten una potencial adaptación al fuego, lo que favorece su establecimiento como especies de sucesión

temprana (Juárez y Rodríguez-Trejo, 2003). Lo anterior coincide a lo reportado por Brokaw (1984) que menciona que el fuego genera cambios en los factores abióticos (humedad, temperatura, y pH del suelo) y bióticos (cobertura herbácea y número de mamíferos) en las selvas tropicales que influyen en la dinámica sucesional (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019).

4.2 RIQUEZA DE ESPECIES

Las consecuencias del incendio forestal sobre la riqueza de especies en selva mediana subperennifolia fueron evidentes en sitios quemados/no quemados. Sin embargo, los cambios en los diferentes niveles de regeneración en la abundancia y riqueza de la comunidad de especies forestales fueron muy variables. Es decir, la riqueza de especies en la regeneración de 0 a 30 cm fue mayor en los sitios no quemados como revelan las curvas de rarefacción. En cambio, la regeneración de 31 cm a 1 m y 1 a 3 m presentaron una abundancia y riqueza de especies similar entre sitios; mientras que el arbolado registró mayor abundancia y riqueza en sitios no quemados. Lo anterior sugiere respuestas complejas de las especies forestales ante el fuego relacionadas con adaptaciones al fuego, pero también a las condiciones microclimáticas y la estacionalidad de las selvas que influyen en la abundancia y riqueza de la comunidad vegetal post-fuego (Ochoa-Franco *et al.*, 2019; Cadena-Zamudio *et al.*, 2022).

4.3 DIVERSIDAD DE ESPECIES

Se encontraron cambios en la diversidad de especies en las diferentes categorías de regeneración, por ejemplo, la regeneración de 1 a 3 m fue más diversa en sitios quemados, contrario a lo reportado por otros estudios donde han encontrado mayor regeneración en categorías más pequeñas (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019; Flores-Rodríguez *et al.*, 2021). Lo anterior podría estar relacionado con el tiempo transcurrido de inicio del incendio que influyó en el crecimiento y adaptación de las especies de la categoría 1 a 3 m (Martínez y Álvarez, 1995). Para diversas especies forestales de las selvas subperennifolias la apertura del dosel implica mejores condiciones para la sucesión natural, es decir, el fuego crea camas adecuadas para la repoblación de especies que se establecen más fácilmente sobre el suelo mineral, eliminando la barrera física que las plantas del sotobosque representan y reduciendo temporalmente la competencia que las plántulas, lo que favorece que ciertos atributos funcionales como rizomas actúen beneficiando el establecimiento y crecimiento (Keeley, 2012).

4.4 DOMINANCIA Y EQUITATIVIDAD

La dominancia de Simpson mostró que los sitios no quemados las especies se mantienen muy similar en todas las categorías de regeneración y en el arbolado (Giraldo-Cañas, 2000). En cambio, la regeneración más pequeña de 0 a 30 cm en sitios quemados fue dominada por pocas especies con el valor más alto, mientras que la regeneración de 1 a 3 m con valores bajos de dominancia, indicando que existe poca probabilidad de que dos individuos al azar pertenezcan a la misma especie (Salmerón *et al.*, 2017). Con respecto a la equitatividad, se observaron valores similares en todas las categorías de altura de regeneración independientemente si fueron sitios quemados o no quemados (López-Jiménez *et al.*, 2019).

5 CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la vegetación de la selva mediana subperennifolia presentó mecanismos para regenerarse mostrando una capacidad de recuperación ante los impactos del fuego. Sin embargo, las condiciones del entorno después de la perturbación del fuego pueden a su vez, limitar la tendencia a la recuperación del ecosistema, restringiendo la nueva regeneración, por lo cual es importante mantener sitios permanentes para el monitoreo de la recuperación del ecosistema y así poder establecer estrategias de manejo de restauración para estos ecosistemas.

LITERATURA CITADA

Brokaw, N.V.L. (1984). Treefalls regrowth and community structure in tropical forests. In: Pickett STA and White PS (Eds.) *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. Pp:53-69.

Cadena-Zamudio, D. A., Flores-Garnica, J. G., Lomelí-Zavala, M. E., & Flores-Rodríguez, A. G. (2022). Does the severity of a forest fire modify the composition, diversity and structure of temperate forests in Jalisco? *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Ambiente*, 28, 3-20. doi: 10.5154/r.rchscfa.2020.12.076

Chao, A., Jost, L. (2015). Estimating diversity and entropy profiles via discovery rates of new species. *Methods Ecol Evol*, 6, 873-882. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12349>

CONANP. 2021. *Plan de acción para la restauración del Complejo Sian Ka'an*: Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Área de Protección de Flora y Fauna Uaymil y Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an. Producto 7 del proyecto: Protección de Recursos Naturales Selva Maya. 48 p.

Flores-Garnica, J. G., Ruíz-Guzmán, E., Flores-Rodríguez, A. G., Lomelí-Zavala, M. E., García-Bernal, J.M. (2018). Metodología para toma de datos de regeneración natural en áreas afectadas por incendios forestales. Folleto Técnico. Núm.3 INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, México. 84 p.

Flores-Rodríguez, A. G., Flores-Garnica, J. G., González-Eguiarte, D. R., Gallegos-Rodríguez, A., Zarazúa-Villaseñor, P., Mena-Munguía, S., ... & Ruíz-Guzmán, E. (2021). Regeneración natural de pino

- y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales. *Rev. Mexicana. Cienc. For.*, 12(65), 3-25. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i65.776>
- Giraldo-Cañas, D. (2000). Variación de la diversidad florística en un mosaico sucesional en la cordillera central andina (Antioquia, Colombia). *Darwiniana*, 33-42.
- Gómez, I. U. H., Ellis, E. A., & Gómez, C. A. G. (2013). Aplicación de teledetección y sistemas de información geográfica para el análisis de deforestación y deterioro de selvas tropicales en la región Uxpanapa, Veracruz. *GeoFocus*. 13:1, 1-24. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/275>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electrónica*, 4, 4-9.
- Hernández-Ramírez, A. M., & García-Méndez, S. (2015). Diversidad, estructura y regeneración de la selva tropical estacionalmente seca de la Península de Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.*, 63(3), 603-616.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H., & Chao, A. (2016). iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods Ecol. Evol.*, 7, 1451-1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Juárez-Martínez, A., & Rodríguez-Trejo, D. A. (2003). Efecto de los incendios forestales en la regeneración de *Pinus oocarpa* var. *ochoterena*. *Rev. Chapingo Ser. Cienc. For. Ambiente*, 9(2), 125-130.
- Keeley, J. E. (2012). Ecology and evolution of pine life histories. *Ann. For. Sci.*, 69(4), 445-453. <https://doi.org/10.1007/s13595-012-0201-8>
- López-Jiménez, L. N., Durán-García, R., & Dupuy-Rada, J. M. (2019). Recuperación de la estructura, diversidad y composición de una selva mediana subperennifolia en Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 25 <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511587>
- Martínez-Garza, C., Juan-Baeza, I., León-Carvajal, K., & Hernández-Hernández, M. (2022). La regeneración del bosque después de un incendio. *Inventio*, 18(44), 1-11. <https://doi.org/10.30973/inventio/2022.18.44/9%20>
- Martínez-Ramos, M., & Álvarez-Buylla, E. (1995). Ecología de las poblaciones de plantas en una selva húmeda de México. *Bot. Sci.* (56), 121-153.
- Ochoa-Franco, A. del P., Valdez-Lazalde, J. R., Santos-Posadas, H. M. de los S., Hernández-Stefanoni, J. L., Valdez-Hernández, J. I., & Ángeles-Pérez, G. (2019). La densidad, riqueza y composición arbóreas definen parches detectados remotamente en una selva subperennifolia. *Rev. Biol. Trop.*, 67, 692-707. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i4.34422>
- Rodríguez-Trejo, D. A., Martínez, P., & Martínez, P. J. (2019). Efectos del fuego en el arbolado de un bosque tropical de pino y en el de una selva baja caducifolia en Villaflores, Chiapas. *Ciencias forestales*, 29, 1033-1047. <https://doi.org/10.5902/1980509833952>
- Salmerón, A., Geada, G., & Fagilde, M. C. (2017). Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque*, 38, 457-466. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>
- Wolfe, B. (2009). Post-fire regeneration in subtropical dry forest of Puerto Rico (Doctoral dissertation).
- World Flora Online (WFO). (2023). Published on the Internet; <http://www.worldfloraonline.org>. Accessed on: 22 Nov 2023.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. 4th Edition. Prentice Hall. 663p.

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

Formación 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

Identidad 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