

# 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.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
<b>Imagem da Capa</b>	peacestock/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yañez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*

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

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

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilingue

ISBN 978-65-81701-31-4

DOI 10.37572/EdArt\_281024314

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

CDD 363.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



## PRÓLOGO

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

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

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

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

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

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

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

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

Xosé Somoza Medina  
Universidad de León, España



## SUMÁRIO

### CIÊNCIA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

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

Saúl Robles Soto

Wendy Pacheco Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2810243141](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](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](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](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](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](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](https://doi.org/10.37572/EdArt_2810243147)

**CAPÍTULO 8..... 89**

**EL ROL DE *TRICHODERMA ASPERELLUM* MT044384 EN LA SUSTENTABILIDAD DEL MAÍZ CRIOLLO (*ZEA 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](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](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](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](https://doi.org/10.37572/EdArt_28102431411)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....139**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 140**

# CAPÍTULO 1

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

*Data de submissão: 02/10/2024*

*Data de aceite: 14/10/2024*

### **Dr. Saúl Robles Soto**

Doctor en Ciencias Económicas

Docente-Investigador

Unidad Académica de Economía

Universidad Autónoma de Zacatecas

México

<https://orcid.org/0000-0001-6669-2781>

### **Wendy Pacheco Martínez**

Alumna de la Universidad Autónoma del

Estado de México

Sexto semestre

Licenciatura en Administración

**RESUMEN:** La investigación explora las desigualdades regionales en México, centrándose en el ingreso per cápita y el número de empresas entre el Estado de México y Zacatecas. En 2023, se observa que el Estado de México tiene un mayor potencial de crecimiento económico. Se sostiene que tanto el ingreso per cápita como el número de empresas son esenciales para el desarrollo, junto con la importancia de la ciencia, la tecnología y la innovación. Organismos como el CCE, CANACINTRA y COPARMEX son cruciales en este ámbito. El estudio plantea interrogantes sobre el crecimiento económico y la relación entre ciencia, tecnología e

innovación. Con un enfoque inductivo-deductivo, se utilizarán estadísticas y visitas a centros de investigación para demostrar que la falta de implementación de estas áreas contribuye al bajo crecimiento en algunas regiones. La investigación se dividirá en fases que incluyen un marco teórico y análisis regionales, buscando proponer soluciones para mejorar el bienestar. México enfrenta un importante déficit en CTI en comparación con la OCDE, invirtiendo ocho veces menos en I&D y con un GIDE del 0.41% del PIB, muy por debajo de países como Suecia y Corea del Sur. Desde 2019, recortes en recursos han impactado negativamente el sistema de investigadores. Se destaca la necesidad de colaboración entre empresas, gobierno y academia para crear un ecosistema de innovación efectivo. Aunque la ciencia y la tecnología son fundamentales para el progreso, el sistema de innovación mexicano es débil y tiene una baja capacidad para absorber conocimientos. Se sugiere un enfoque regional que atienda las diversas necesidades del país, equilibrando la innovación tecnológica y social. A pesar de los esfuerzos por integrar a los agentes del sistema de innovación, se requieren mejores indicadores y metodologías para evaluar su impacto en regiones vulnerables como Zacatecas, resaltando la importancia de la inclusión y la evaluación de políticas públicas en futuras investigaciones.

**PALABRAS CLAVE:** Desigualdades regionales en México. Ingreso per cápita. Ciencia y tecnología. Innovación. Ecosistema económico.

**ABSTRACT:** The research explores regional inequalities in Mexico, focusing on per capita income and the number of businesses between the State of Mexico and Zacatecas. In 2023, it is observed that the State of Mexico has greater potential for economic growth. It is argued that both per capita income and the number of businesses are essential for development, along with the importance of science, technology, and innovation. Organizations such as the CCE, CANACINTRA, and COPARMEX are crucial in this area. The study raises questions about economic growth and the relationship between science, technology, and innovation. Using an inductive-deductive approach, statistics and visits to research centers will be utilized to demonstrate that the lack of implementation in these areas contributes to low growth in some regions. The research will be divided into phases that include a theoretical framework and regional analyses, seeking to propose solutions to improve well-being. Mexico faces a significant deficit in science, technology, and innovation (CTI) compared to the OECD, investing eight times less in research and development (R&D) and having a GIDE of 0.41% of GDP, well below countries like Sweden and South Korea. Since 2019, cuts in resources have negatively impacted the research system. There is a highlighted need for collaboration among businesses, government, and academia to create an effective innovation ecosystem. Although science and technology are fundamental for progress, the Mexican innovation system is weak and has a low capacity to absorb knowledge. A regional approach is suggested to address the diverse needs of the country, balancing technological and social innovation. Despite efforts to integrate the agents of the innovation system, better indicators and methodologies are needed to assess their impact on vulnerable regions such as Zacatecas, underscoring the importance of inclusion and the evaluation of public policies in future research.

**KEYWORDS:** Regional inequalities in Mexico. Per capita income. Science and technology. Innovation. Economic ecosystem.

## 1 INTRODUCCIÓN

Una de las principales preguntas de la investigación que realizamos dentro de la ciencia económica es la siguiente: ¿Cuál es el origen de las heterogeneidades regionales que afectan los niveles de bienestar de la población, sobre todo en el ingreso per cápita en México?

En lo referente a este aspecto relacionado con el ingreso per cápita de dos estados de la república mexicana como son el estado de México y el estado de Zacatecas, se tiene que para el año 2023, las diferencias entre estas dos entidades federativas son muy marcadas, lo que se refleja en el cuadro número 1.

Cuadro número 1.- Ingreso per cápita para el año 2023 de dos estados de México.

Estados	Ingreso per cápita para el año 2023 en pesos al día
Estado de México	286
Zacatecas	102

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI, año 2023

La información anterior se refleja de manera puntual en la gráfica número 1 que se presenta a continuación para los mismos dos estados del país mexicano.

Gráfica número 1.- Ingreso per cápita para el año 2023 diario de dos estados de México.



Gráfico 1 Ingreso per cápita de dos estados de México en pesos.

Asimismo, siguiendo con el análisis de los dos estados mexicanos (Estado de México y Zacatecas) se presenta la gráfica número 2 referida al número de empresas establecidas, información obtenida en el mes de junio del año 2023.

Gráfica número 2.- Total de empresas establecidas en dos estados de México.



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI, junio del 2023.

Con la información contenida anteriormente, se refleja de manera provisional que en los estados señalados existe una diferencia muy marcada en lo referente al ingreso per cápita y el número de empresas establecidas.<sup>1</sup>

La respuesta que se puede anotar desde ahora en nuestro trabajo es que dos variables fundamentales para el crecimiento económico de las regiones lo constituyen el ingreso per cápita y el número de empresas, por lo que las diferencias en las productividades determinadas en los agentes económicos son muy notorias, sobresaliendo hasta ahora el estado de México como más proclive al crecimiento y desarrollo con respecto al estado de Zacatecas.

Asimismo, queremos sobresaltar desde ahora que estas dos variables no son las únicas, existen una variedad importante de ellas que por el momento no las consideraremos.

Como adelanto podemos señalar que la falta de cambio en las tecnologías y las innovaciones dentro de los agentes económicos en donde sobresale desde luego la empresa es fundamental para los sistemas.

Un aspecto para considerar de entrada en el trabajo que se presenta lo tenemos en el papel que realizan diversas cámaras empresariales que buscan de manera continua fortalecer la ciencia, implementar innovaciones y utilizar la tecnología para siempre hacer más con menos, así lo consideran el CCE, la CANACINTRA, la CONCANACO Y LA COPARMEX como organismos principales en México.

Asimismo, existen en algunos estados de México los llamados Consejos para el Desarrollo Económico del Estado que se integra fundamentalmente del sector privado como es el caso en el estado de Zacatecas que tiene como tarea proponer políticas públicas que promuevan las inversiones productivas.

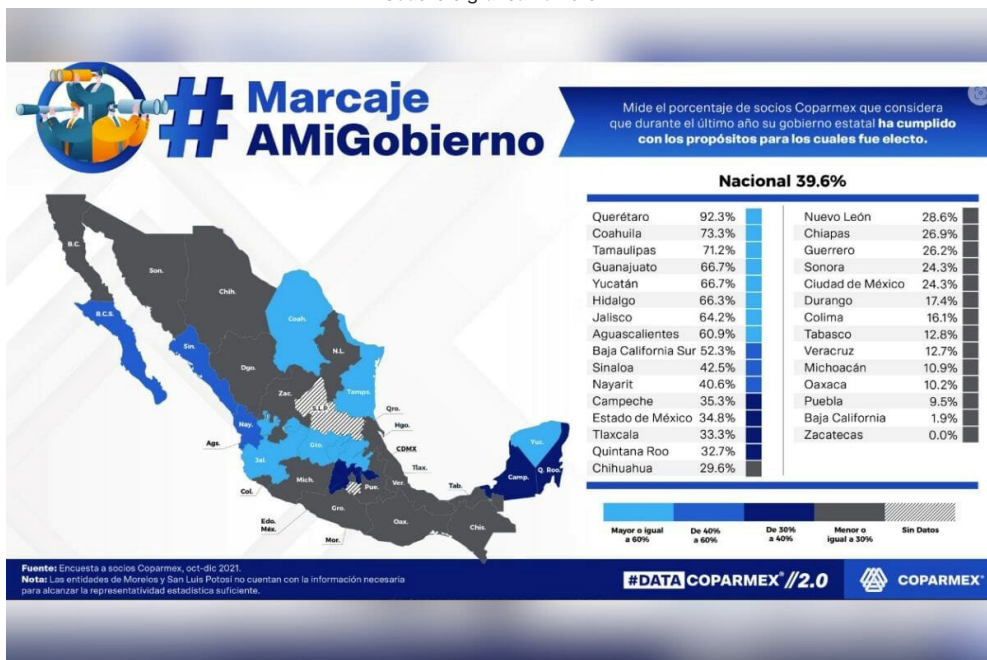
Recordemos que la función de los organismos señalados es la búsqueda de mejores alternativas para abatir la problemática económica del estado, deben ser los empresarios los principales actores que conciben soluciones a su problemática constante que enfrentan y tratar con ello de incidir en que los diversos estadios de gobierno realicen los usos productivos de su tiempo para salir del atraso como es en estos momentos la situación del estado de Zacatecas.

Un aspecto importante también a considerar es el llamado andamiaje que se tiene en los estados del país mexicano, en los cuales la calificación que se otorga para el año 2022 de las 32 entidades federativas es muy significativa, por lo cual de antemano en el inicio de esta investigación presentamos el siguiente cuadro aparecido el día 29 de junio del año 2023 en el periódico zacatecano *Imagen*, se aprecia de inmediato el contraste

<sup>1</sup> Las empresas consideradas son legalmente establecidas y registradas ante las autoridades administrativas del país.

entre los dos estados que trataremos de analizar el estado de México y el estado de Zacatecas, el primero sobresaliendo de sobremanera en el aspecto económico y el segundo siguiendo en el bajo nivel del que no se ha podido levantar desde hace tiempo.

Cuadro o gráfica número 2.



## 2 ALGUNAS REFERENCIAS TEÓRICAS REPRESENTATIVAS AL TEMA

Veremos a través de la presente investigación que autores económicos como Solow en el año de 1956 y Kuznets posteriormente en el año de 1966 destacaban que el aspecto tecnológico en las empresas era la principal fuente de crecimiento económico en los países desarrollados, sobre todo en lo referente a máquinas de vapor, electricidad, motores de combustión interna con energía de la petroquímica, electrónica, informática, energía nuclear y biología.

En el mismo sentido, Landes en el año de 1969, Rosenberg en 1982 y Moker en los años 90's colocaban el cambio tecnológico en las empresas como pieza fundamental del crecimiento económico en los países y regiones.

Así, la tecnología es fundamental en la conformación de las industrias (conjunto de empresas) que propician actividades económicas de continuo proceso de cambio con el consiguiente beneficio para el sistema económico en su conjunto.

Ejemplos los tenemos a la vista, sobresaliendo desde luego los sistemas de comunicación que, por medio de la revolución de la información han reducido las



distancias físicas y aumentan de sobremanera la producción de bienes y servicios en cantidades nunca antes vistas.

En base a lo anterior, la investigación girará en torno a que la triada compuesta por la ciencia, la tecnología y la innovación es referente obligada para comprender el crecimiento económico en los sistemas económicos, por lo que surgen las siguientes preguntas de investigación:

- i) ¿Cómo ha sido el comportamiento del crecimiento económico en los países y regiones?
- ii) ¿Qué posición guardan la triada ciencia, tecnología e innovación en los países y regiones en los últimos años?
- iii) ¿Existe relación biunívoca entre el crecimiento en México y las regiones con respecto a la triada antes señalada?
- iv) ¿Dónde se ubican las principales regiones que aplican la tecnología y la innovación en México?
- v) ¿Se tiene una política de ciencia, tecnología e innovación que fomente realmente el crecimiento económico en el país mexicano?

Analizaremos a lo largo de la investigación un marco teórico del crecimiento sobre todo endógeno, utilizando para ello los trabajos de Rivas y Aceves en el año 2012 que utilizan un modelo explicativo en el cual el cambio tecnológico en México lo genera el sector gubernamental, se tratará de demostrar que el objetivo general de la investigación será demostrar que la triada ciencia, innovación y tecnología es fundamental para el crecimiento y desarrollo de las regiones, pero sobre todo que el agente empresa sea el principal detonante de la triada.

Nuestra hipótesis principal será la siguiente: **el bajo crecimiento económico en las regiones de México se explica por el atraso en la aplicación de la ciencia, la innovación y la tecnología.**

Hipótesis alternativa: **en las regiones donde se aplica la triada, el crecimiento y bienestar es aceptable para la población.**

El método a utilizar será fundamentalmente inductivo-deductivo, utilizando para ello estadísticas oficiales y académicas, indicadores de capacidad tecnológica dentro del país mexicano, manejaremos datos del mismo sector empresarial englobados en diversas cámaras y asociaciones, así como visitas periódicas a los centros de investigación instalados en varios estados del país y particularizaremos en el caso del estado de Zacatecas con el centro de innovación y tecnología de ciudad Quantum.

La contribución principal será analizar la poca literatura sobre el tema y trataremos de sentar las bases para siguientes estudios relacionados con el desarrollo regional en

cuanto a la aplicación de la tecnología, la ciencia y la innovación como parte fundamental para lograr mejores y mayores índices de bienestar para la población que tanto urgen en estos momentos en México.

La estructuración será en base a una primera fase en la cual haremos aportes importantes sobre el marco teórico haciendo para ello una revisión lo más completa posible de la literatura, posteriormente en una segunda etapa analizaremos diversas regiones de México que tienen aportes significativos en la aplicación de la triada en las empresas que conllevan a mayores incrementos en la productividad, en una tercera etapa de la investigación, anotaremos que la falta de aplicación de la triada en las empresas conlleva de manera directa en un subdesarrollo económico en México, en una cuarta etapa verificaremos la hipótesis planteada, para finalmente llegar a las conclusiones correspondientes así como propuestas de solución a la problemática planteada.

### 3 MARCO TEORICO

Es indudable que la literatura económica a partir del siglo XIX ya le daba importancia a la tecnología y la innovación dentro de las empresas como parte fundamental del crecimiento en los países y regiones, pero un autor desde el año de 1956, Solow genera un esfuerzo considerable que fue continuado por otros más que explican de manera clara y con evidencias notables el papel que debe jugar la ciencia, la tecnología y la innovación en el crecimiento económico.

Posteriormente Arrow en el año de 1962 anota la importancia del aprendizaje vía la experiencia en las empresas. Seguidamente Uzawa en el año de 1965 hace la propuesta científica de un modelo en el cual se plasman las mejoras de la productividad que son fundamentalmente impulsada por el capital del hombre. Posteriormente Shell en el año de 1967 sobresale con la relevancia de las actividades de la invención en las empresas, todos los anteriores autores señalados giraban en torno a que el progreso tecnológico se consideraba como exógeno, es decir venía de fuera del sistema económico como tal.

A pesar de los intentos por considerar lo anteriormente expuesto por los teóricos económicos en cuanto al crecimiento económico de que todo estaba dicho, aparece en el año de 1986 Romer y Lucas en el año de 1988 argumentando con bases muy sólidas que había asuntos pendientes por resolver, destacando desde luego la naturaleza endógena del progreso en tecnología e innovación dentro de las empresas. Así, Romer consideró que la producción depende de los factores trabajo y capital, pero le añade el conocimiento de toda una economía, por lo que este acervo debe aumentarse con el tiempo en la medida que la agente empresa invierte en nuevos conocimientos (triada).

Debemos hacer notar que la producción en las empresas depende de aportes, por un lado, los de la iniciativa privada y por otra parte del sector público. Esta combinación de las dos iniciativas tiene que ver con que al aumentar el conocimiento en las empresas generará ipso facto un aumento de la productividad y con ello una externalidad positiva en el sistema.

Por otro lado, Lucas desde el año de 1988 utiliza el concepto de externalidades con la modalidad de asociadas con el capital del hombre, así, su modelo establece que la producción en las empresas dependerá del capital físico, de las habilidades de los trabajadores.

Es necesario notar que Romer en el año 1990, recurre a que las empresas invierten recursos en investigación y desarrollo para elaborar nuevos productos protegiendo desde luego a sus patentes, llevando con ello un poder de monopolio que les permite tener mayores beneficios (extraordinarios por tener poder de mercado), los cuales traerán como consecuencia mayores incentivos para seguir invirtiendo en ciencia, tecnología e innovación, aumentando con ello el crecimiento económico con el inicio consiguiente de un nuevo ciclo que no para.

Posteriormente Grossman y Helpman en el año 1991, trataron de endogeneizar el cambio tecnológico, seguidamente Aghion y Howitt en 1992 desarrollaron modelos que describen los efectos de difundir las innovaciones en las empresas para el futuro, así, y siguiendo la idea de Shumpeter en 1944, el proceso de crecimiento es un proceso de destrucción creativa, debido a que los productos de mayor calidad desplazan oportunidades de mercado de productos anteriores que tenía menor calidad para el consumidor, entonces podemos concluir en este apartado que la productividad crece con el tiempo debido a las mejoras en la calidad de los productos que elaboran las empresas de manera continua.

En la década de 1980, mientras muchos países estaban inmersos en el tema de la innovación y transferencia de tecnología, México se encontraba en una situación política y económica desfavorable en el contexto de una apertura comercial excesiva y acelerada, crisis económica y estancamiento del mercado interno, en el que la falta de financiamiento adecuado a la inversión y la innovación no estimulaban la investigación y desarrollo tecnológico. Como resultado, se estimaba un retraso de aproximadamente 20 años respecto a economías desarrolladas (Solleiro; Castañón, Luna, Herrera & Montiel, 2006).

El proceso de integración entre academia, gobierno y sector productivo en México no ha sido el más formal y ha tenido avances lentos en el contexto globalizado. En 2001, el

Programa Especial de Ciencia y Tecnología establecía como objetivo el fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica, consideradas tareas imprescindibles para apoyar el desarrollo del país y para competir en un entorno cada vez más dominado por el conocimiento y la información.

Clave en ello es la utilización del acervo de conocimientos y de personal altamente calificado y orientarlo a la solución de los problemas de la población en campos vitales como la salud, la alimentación, la educación, la infraestructura urbana y rural, el agua, los bosques, la energía, el transporte, las telecomunicaciones y los servicios en general (Cámara de Diputados, 2016).

Podemos concluir hasta el momento con los siguientes aspectos: en los modelos base de la teoría del crecimiento endógeno, el progreso tecnológico se aprecia de forma acumulativa existiendo momentos en la historia en los cuales es muy radical, como ejemplos notables podemos señalar las máquinas de vapor, la electricidad, la computadora, las telecomunicaciones y otras que modificaron de manera sustancial las formas de producción y consumo dentro de los sistemas económicos.

Las tecnologías aplicadas de uso general crean trayectorias que inician con una desaceleración para posteriormente seguir con una aceleración, se tienen hasta el momento tres razones para explicar lo anterior, la primera es cuando se adoptan nuevas tecnologías que obliga a las empresas a tener un aprendizaje para su utilización, frenando con ello de manera momentánea el crecimiento de la productividad, la segunda es cuando se toma tiempo e desarrollo de elementos considerados como complementarios utilizados con nuevas tecnologías relatizando el crecimiento y por último, una tercero en la cual los trabajadores se acostumbran al uso de tecnologías cuando cambia y aprende a utilizarla, capacitándose de manera oportuna con lo que aumenta la productividad en las empresas.

Se demostrará a lo largo de la investigación que el mayor gasto de gobierno en actividades científicas, tecnológicas y de innovación conlleva al cambio tecnológico en las empresas, pretendemos que con el trabajo a desarrollar basado en las teorías del crecimiento endógeno que potencia la inversión por parte de las empresas será aporte fundamental para este aporte empírico.

#### **4 ALGUNOS ANTECEDENTES**

De acuerdo a los últimos años, México tiene un enorme déficit en cuanto a la triada de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), si realizamos de manera inmediata una comparación con el promedio de países que conforman la OCDE, el país mexicano invierte ocho veces menos en Investigación y Desarrollo (I&D), cuenta con una plantilla

de investigadores nueve veces menor, las publicaciones representan 5.5 veces menos cantidad de artículos investigativos y los mexicanos realizamos por último veinte veces menos aplicaciones de patentes registradas ante las instancias correspondientes de manera oficial, en verdad son datos significativos que debemos tener en cuenta.

El Gasto en Investigación Científica y Desarrollo Experimental (GIDE) de un país es el gasto total destinado a la realización de actividades en investigación científica y desarrollo experimental dentro del territorio nacional durante un periodo de referencia específico. Incluye la inversión en Investigación y Desarrollo Experimental (IDE) realizada al interior del territorio nacional y financiada con fondos del exterior. En el cálculo del GIDE no se considera el financiamiento de actividades de IDE desarrolladas en el extranjero y promovidas por unidades de los sectores gobierno, empresas, Instituciones de Educación Superior, e Instituciones Privadas no Lucrativas instaladas en territorio nacional. Además, el GIDE es un componente del Gasto Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación, que comprende exclusivamente aquellos recursos que se utilizan para generar nuevo conocimiento, excluyendo el gasto en otras actividades relacionadas como los Servicios Científicos y Tecnológicos, la Educación y Enseñanza Científica y Técnica salvo el caso del pago a los estudiantes de maestría y doctorado por su participación en proyectos de IDE; así como las actividades de innovación (AI). El GIDE es considerado como uno de los principales indicadores del sector de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI), utilizado como referencia internacional para el diseño, seguimiento y evaluación de políticas públicas (CONACYT, 2020).

Según los reportes en el periodo 2012-2018 la propuesta era elevar el Gasto en ciencia y tecnología del 0.41 al 1% con respecto al PIB, lo que significó un aumento del 37% real o 91, mil 650 millones de pesos, el problema es que el destino de los programas durante este mismo periodo de tiempo se consideró fraudulento al desviar 7 mil 670 millones de pesos entre el 2013 y 2014 hacia actividades no relacionadas con la ciencia o tecnología a través de once dependencia de gobierno y ocho universidades públicas a esto se le llamo la “estafa maestra” y significo un retroceso significativo en el ejercicio del gasto en ciencia y tecnología en el país. Aunado a esta problemática las comparaciones con países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) dejan mucho que desear, el 0.41% en gasto con tecnología rivaliza es mediocre con el ejerció de países como Suecia (3.56%), Corea del Sur (3.32%) o EE. UU. (2.66%) lo que en promedio los países de la OCDE invirtieron 2.28% (CEFP, 2018).

Todo lo anterior nos ubica en los últimos lugares en cuanto al rango internacional de innovación y competitividad.

A partir del año 2019, con la nueva administración federal mexicana, el Conahcyt<sup>2</sup>, ha cancelado una cantidad de recursos económicos como ha sido el foro consultivo científico y tecnológico, eliminando aportes importantes al sistema nacional de investigadores, argumentando las autoridades que existía una gran fuga de dinero en actividades que no redundaban en beneficios para los que fueron creados.

Es necesario enfatizar que la triada CTI de cualquier país es resultado de esfuerzos colaborativos entre diversos agentes, es decir, cuando se da una interacción entre agentes con cortes heterogéneos entre los cuales se debe insertar la empresa, el gobierno y la academia se traducirá forzosamente en ecosistema de innovación, el cual beneficiará a las partes involucradas y aún más a toda la sociedad.

El caso de México, en los últimos años es muy representativo para el análisis en el presente trabajo, para ello, presentamos los porcentajes del gasto nacional bruto en I&D, financiado y ejecutado por los diversos agentes económicos del ecosistema, se aprecia de inmediato la raquítica proporción de las empresas y el peso específico del gobierno en sus diversas ramas, se vislumbra de inmediato la desproporción entre la inversión de las empresas y el gobierno en México con respecto a los países con ecosistemas exitosos en el financiamiento de I&D.

Un sistema nacional de innovación debe ser analizado desde el punto de vista del modelo interactivo de innovación que permita identificar sus fortalezas y debilidades y proponer estrategias para corregir o impulsar nuevas políticas que mejoren el sistema. El modelo interactivo del proceso de innovación pone de manifiesto la relevancia de las relaciones e interrelaciones entre los diferentes entornos (como el sector académico, productivo, financiero, e institucional, entre otros).

Esta metodología facilita la comprensión del sistema nacional de innovación mediante indicadores que miden: el tamaño del sistema, si es grande o pequeño tomando como principal indicador el Gasto en I+D (GIDE) en relación al Producto Interno Bruto (PIB); la fortaleza, refiriéndose a si el sistema es débil o fuerte en relación con el entorno científico que será la base del conocimiento; el equilibrio del sistema tomando el balance entre la inversión del sector público y la del privado en investigación y desarrollo; el nivel de articulación como un indicador que mide los flujos entre los distintos agentes con los diferentes entornos; la capacidad de absorción que representa el potencial de las empresas para incorporar conocimientos teóricos y prácticos a sus procesos de producción en aquellas tecnologías desarrolladas por otros.

---

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

## 5 CONCLUSIONES

La ciencia y la tecnología son consideradas por los países líderes en el mundo como el motor del progreso económico y social. El contexto político, histórico, tecnológico de cada país hace que tengan un entendimiento diferente de lo que debería ser la estrategia prioritaria nacional en materia tecnológica y, en consecuencia, la asignación de recursos humanos y financieros. Esto hace que cada economía se encuentre presionada para modificar su sistema en respuesta a la constante competitividad e interdependencia entre economías.

Aunque cada país tenga sus propias estrategias para el impulso de la Ciencia y Tecnología (CyT), hay coincidencia que un mayor gasto en actividades de investigación y desarrollo contribuye directamente al nivel competitivo de dicha economía para enfrentar nuevos retos tecnológicos (principalmente).

México mantiene un sistema de innovación frágil pese a que su entorno tecnológico y su articulación están en el mismo nivel que el de España. Sus áreas de oportunidad recaen en su sistema emprendedor y entorno científico y se hace evidente la poca capacidad de absorción que tienen las empresas mexicanas. La maduración y consolidación del sistema nacional de innovación en México y España ha implicado un reto por los vaivenes en sus diferentes entornos, principalmente el económico y financiero. Por otro lado, la influencia estadounidense en las políticas mexicanas deja una estela de lecciones que pueden acortar la curva de aprendizaje mexicana.

En las últimas décadas, las políticas públicas en materia de innovación se han enfocado hacia la articulación de los agentes del sistema nacional de innovación para aprovechar las oportunidades de los mercados globalizados. En la medida en que se ha validado ese enfoque y algunas experiencias han sido efectivas, se han estandarizado estrategias y prácticas independientemente de los niveles de desarrollo o condiciones estructurales de los países que las aplican. Esto en parte se explica por el surgimiento de esferas de actividad económica que operan independientemente del mercado interno, de manera que las experiencias externas en algunos casos acortan los procesos de aprendizaje locales.

En el caso de México, es menester que los diagnósticos y propuestas del sistema nacional de innovación reflejen las diferentes condiciones entre regiones y subsistemas productivos. Desarrollar sistemas de innovación regional permitiría caracterizar las instituciones locales atendiendo las demandas de los grupos sectoriales, pero también la problemática social a resolver. En ese sentido, es oportuno reestructurar su sistema nacional de innovación para mejorar el equilibrio entre una política de impulso a la innovación tecnológica, así como a la innovación social.

En la última década, en México se han modificado las estructuras gubernamentales para una mayor integración e interrelación de los agentes en su sistema de innovación. Sin embargo, aún hay mucho por hacer en la medida en que no se han desarrollado indicadores o metodologías que analicen los beneficios de estas acciones en las zonas más vulnerables del país. En este sentido, es necesario medir la inclusividad a través de una metodología que permita evaluar las acciones de política pública, dejando como áreas de oportunidad para próximas investigaciones a fin de que el diseño de dichos instrumentos políticos sean más completos.

Todo lo anterior ha sido deficiente en México y particularmente en el estado de Zacatecas.

## BIBLIOGRAFÍA

Aghion P y Howwitt P, 1992, A model of growth trough creative destruction, revista *Econométrica*, vol 60, no. 2, USA.

Arrow K, 1962, The economic implications of learning by doing, *Review of economic studies*, vol 29, no. 3, USA.

Canacindra, 2023, México.

Grossman G y Helpman E, 1991, *Innovation of growth in the global economy*, USA.

INEGI, 2023, *Información oportuna*, México.

Kuznets S, 1966 *Modern economic growth: rate structure, adn spread*, USA.

Landes D, 1969, *The unbound prometheus: technological change and industrial development in western Europe from 1750 to the present*, Inglaterra.

Laboratorio de Economía Aplicada, 2023, UAEUAZ, México.

Lucas R, 1988, On the mechanics of economic development revista *Journal of monetary economics*, vol 22 no. 1, USA.

OECD, 2023, México.

Periódico Imagen, 2023, México.

Ranfla A, Rivera M y Caballero R, 2015, *Desarrollo económico y cambio tecnológico. Teoría, marco legal e implicaciones para México*, Unam, JP, UABC, México.

Revista Expansión, varios años, México.

Romer P, 1986, Increasing returns and long –run growth, revista *Journal political economy*, vol 94, no. 5, USA.

Solow R, 1956, A contribution to the theory of economic growth revista *Quarterly Journal of economics*, vol 70 no. 1, USA.

Usawa H, 1965, Optimum technical change in an agregative model of economic growth revista *International economic review*, vol 6 no. 1, USA.



## CAPÍTULO 2

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

Data de submissão: 30/08/2024

Data de aceite: 17/09/2024

### Victor Jiménez Arguelles

Universidad Autónoma Metropolitana  
Ciudad de México - México  
<https://orcid.org/0000-0002-5377-8559>

### Luis Antonio Rocha Chiu

Universidad Autónoma Metropolitana  
Ciudad de México - México  
<https://orcid.org/0009-0009-8006-8614>

### José Anselmo Pérez Reyes

Universidad Anáhuac - México  
<https://orcid.org/0000-0001-9977-4804>

### Luis Fernando Casales Hernández

Universidad Autónoma Metropolitana  
Ciudad de México - México  
<https://orcid.org/0000-0002-9264-1483>

**RESUMEN:** La prevención de riesgos laborales, es un elemento indispensable en todos los sectores laborales, por lo que, los análisis de riesgos son la herramienta que nos proporciona una excelente oportunidad para poder minimizar los riesgos de que los trabajadores sufran accidentes y en consecuencia evitar que sufran lesiones, de igual manera, con estas acciones, se puede

evitar paros en los trabajos y cumplir a tiempo con los compromisos de entrega. Debido a que la Ciudad de México está ubicada en una zona de suelo arcillosos con contenidos de agua en exceso, los sismos que se presentan con demasiada frecuencia en el país, han ido ocasionando daños estructurales a las edificaciones, por lo que se ha hecho necesaria su reparación estructural y mejora arquitectónica. En este sentido, las tareas de reconstrucción emprendidas a partir del año 2018 para recuperar a las edificaciones dañadas por el sismo del 19 de septiembre del 2017, representan doble riesgo para los trabajadores debido a que las viviendas se encuentran dañadas e inestables con riesgo de caer y luego por los propios riesgos del sector de la construcción, que de entrada es el sector con más presencia de accidentes.

**PALABRAS CLAVE:** Riesgos. Laborales. Reconstrucción. Sismos. Accidentes.

## ANALYSIS OF OCCUPATIONAL HAZARDS IN RECONSTRUCTION WORKS ON BUILDINGS DAMAGED BY EARTHQUAKES IN MEXICO CITY

**ABSTRACT:** The prevention of occupational risks is an indispensable element in all labor sectors, so risk analyses are the tool that provides us with an excellent opportunity to minimize the risks of workers suffering accidents and consequently prevent them from being injured, in the same way, with these

actions, we can avoid job stoppages and perform on time with delivery commitments. Because Mexico City is located in an area of clay soil with excess water content, the earthquakes that occur too often in the country, have been causing structural damage to the buildings, so their structural repair and architectural improvement has been necessary. In this sense, the reconstruction tasks undertaken from 2018 to recover the buildings damaged by the earthquake of September 19, 2017, involves a double risk to workers because the structures are damaged and unstable at risk of falling and too by the risks themselves of the construction sector, which is the sector with the most presence of accidents.

**KEYWORDS:** Risks. Labor. Reconstruction. Earthquakes. Accidents.

## 1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la seguridad laboral en México, es un tema que ya presenta avances en la cultura de los trabajadores. Poco a poco, la presión por parte de las autoridades y los mismos clientes, han hecho que se propicien las condiciones físicas en las obras, para un mejor desempeño laboral. Pero, aun así, se siguen presentando accidentes en las obras, situación que pone en riesgo la integridad física de los trabajadores. En muchas ocasiones se puede observar que, se tienen deficiencias desde los propios procedimientos constructivos, lo que pone nuevamente de manifiesto la falta de planeación, la falta de profesionalismo y ética por parte de las empresas constructoras. Aunado a lo anterior, el factor tiempo sigue siendo una constante que impacta de manera negativa ya que se dispone de tiempo limitado para la ejecución de las obras, además, la gran mayoría de las actividades del sector de la construcción implican por sí mismas un riesgo.

En este sentido, el presente trabajo de evaluación de riesgos laborales pretende mostrar las medidas preventivas para la minimización de riesgos laborales que las empresas constructoras deberían de adoptar, como son: las medidas preventivas individuales y colectivas, normas de trabajo, procedimientos constructivos, equipos de protección individual, etc.

Por tal motivo, este trabajo incluye un análisis detallado de los riesgos que conllevan las actividades más representativas durante la reparación estructural y mejora arquitectónica de edificios de 5 o más niveles de altura, para tal efecto se hace referencia de la norma NOM-031 de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social del 2011, para la verificación y grado de cumplimiento a la misma, tomando como caso práctico la reconstrucción de tres edificios que fueron dañados por el sismo del 2019 y que están ubicados en el Sur de la Ciudad de México.

Derivado de los acontecimientos por el sismo del día 19 de septiembre del 2017, una gran cantidad de edificaciones en la Ciudad de México y otras ciudades

más, resultaron seriamente dañadas en su estructura y muchas otras resultaron con daños menores.

En este sentido, y una vez que se terminó de evaluar estructuralmente a dichas edificaciones, la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2019), procedió a dictaminar que edificios requerirían de un sistema de refuerzo estructural y que edificios debían ser demolidos.

Así es como el Gobierno de México inicia la etapa de reconstrucción a nivel nacional, y es así que se nombró a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, como responsable directo para dichas acciones (SEDATU, 2019), igualmente se hizo necesario contar con presupuestos de obra para cada edificación y que tanto los propios dueños e inquilinos de las edificaciones, las aseguradoras y el mismo gobierno pudiera conocer los montos necesarios para tal proyecto.

A casi un año del inicio de esta etapa de reconstrucción y según informes (SEDATU, 2020), los resultados van indicando que los avances en las reparaciones no son acordes con los que se están requiriendo, y que, de manera generalizada, se está invirtiendo mucho más de lo planeado y considerado en un inicio.

Aunado a la problemática anterior, se tiene la situación de la pandemia producida por el COVID 19, que se convirtió de manera repentina en un foco de infección mortal para todos los niveles de la sociedad y para todos los sectores productivos, incluyendo por supuesto al sector de la construcción.

Este trabajo, se focaliza en el estudio de la parte humana, de manera más específica en lo que corresponde al rubro de la seguridad de la mano de obra ya que, para todas las actividades involucradas en la construcción y reparación de los edificios, se requiere de un trabajo tipo artesanal, de alta precisión y mucho detalle. Aunado a esto, cuando se trata de reparar un edificio dañado por sismos, se debe tener presente que, las estructuras son inestables y que los espacios disponibles para los trabajos, son muy reducidos, lo que hace que las tareas sean más riesgosas y que los rendimientos de la mano de obra disminuyan considerablemente y por ende, los avances de obra, sean mínimos.

Es importante mencionar que, las actividades para la construcción de edificaciones nuevas, son totalmente diferentes a las requeridas para la reparación o refuerzo de una edificación ya existente. Por ejemplo, no es lo mismo colocar el concreto en una cimbra para una columna nueva, que colocar concreto en un espacio reducido entre una columna ya existente y la cimbra, y además cuando se tiene por encima la losa de entrepiso.

## 2 OBJETIVOS

La presente investigación, tiene como objetivo principal, analizar los riesgos laborales y contrastarlos con los procedimientos constructivos que se siguen a pie de la obra para trabajos de reconstrucción de edificios.

Con este trabajo, se hace resaltar la importancia que tienen para la seguridad laboral, la planeación y gestión de las tareas involucradas en la reconstrucción de edificios dañados por sismos.

De igual manera, se pretende evidenciar la importancia de la detección de peligros y los análisis de riesgos al momento de planear los procedimientos constructivos.

## 3 METODOLOGÍA

En el presente artículo se inicia con una descripción de tipo cualitativa de los elementos necesarios para llevar a cabo la reconstrucción de edificios dañados por sismos en la Ciudad de México. De manera particular se muestra cómo es que aun cuando se llevan a cabo estrictas medidas de control en cuestiones de seguridad e higiene, los trabajadores se siguen obstinando en realizar sus tareas de manera tal que arriesgan su propia integridad física y la de sus compañeros, lo que implica y requiere todavía un mayor compromiso y atención en estas áreas. Posteriormente, se analizan los procedimientos constructivos y a partir de observaciones directas en la obra, se detectan los peligros y se procede a analizar la potencialidad de los riesgos, finalmente, se emiten recomendaciones de tipo técnicas y conductuales para la minimización de los riesgos detectados.

### 3.1 SEGURIDAD LABORAL

Según menciona (Baselga, 1984), la seguridad laboral está justificada, caracterizada y definida, por la existencia de las pérdidas personales, los efectos o las consecuencias mortíferas sobre la salud de las personas, como consecuencia de los accidentes derivados del trabajo.

De ahí que, la principal finalidad de la seguridad sea entonces la de evitar pérdidas personales, y no la de evitar pérdidas materiales, como muchas veces sucede, ya que para ello existen otras disciplinas especializadas. La seguridad laboral debe ser enfocada totalmente a cumplir con la preservación de la integridad física de las personas trabajadoras, con ella se debe exigir a los empresarios a que cumplan con proporcionar el equipamiento de protección individual, a que mantengan en buen estado de funcionamiento y limpieza la maquinaria y equipo de trabajo, que garanticen

adecuadas condiciones en los lugares de trabajo, pero también se debe exigir a los propios trabajadores a que lleven a cabo sus actividades laborales cumpliendo con las normativas y reglamentos establecidos en cuestiones de seguridad, así como también con los procedimientos que la propia empresa considere pertinentes, se debe concienciar a los trabajadores de que su participación es de vital importancia en el proceso de prevención de riesgos laborales.

### 3.2 LOS ACCIDENTES LABORALES

La problemática que se vive en cuestiones de seguridad laboral, es compleja pues muchas son las teorías y muchas son las causas. Lo cierto es que los accidentes se siguen presentando en los centros laborales, pero dichos eventos tienen mayor presencia en el sector de la construcción ya que éste presenta características muy particulares que lo hacen demasiado complejo.

De conformidad con la Ley Federal del Trabajo, publicada en el Diario Oficial del 2019, en su artículo 473, se definen como Riesgos de Trabajo: “los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo”.

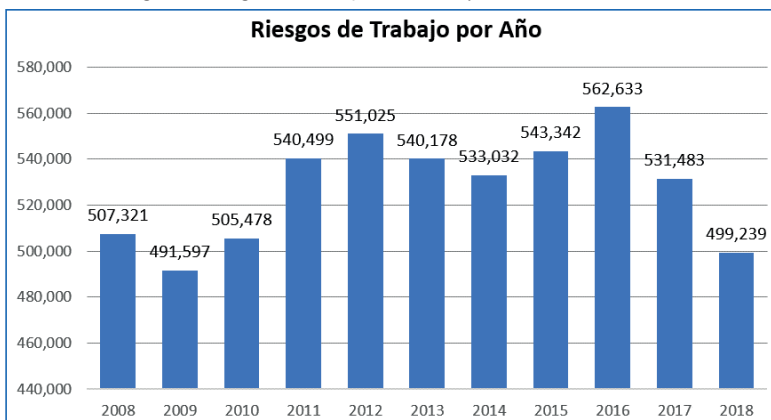
Además, en la misma Ley, artículos 474 y 475, respectivamente, se definen como Accidente de Trabajo: “toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, la muerte o la desaparición derivada de un acto delincuencia, producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualesquiera que sean el lugar y el tiempo en que se preste”.

Quedan incluidos en la definición anterior los accidentes que se produzcan al trasladarse el trabajador directamente de su domicilio al lugar del trabajo y de éste a aquél.

También se define como Enfermedad de Trabajo: “todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio en que el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios”.

De acuerdo a las estadísticas de riesgos de trabajo registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS, 2018), que se muestran en la figura 1, en promedio ocurren 527,802 riesgos de trabajo por año, distribuidos en accidentes de trabajo, accidentes en trayecto y enfermedades de trabajo conforme a la figura 2. Si se desglosa esta información, se podría decir que en promedio ocurren 1,446 riesgos de trabajo por día en todo el territorio nacional.

Figura 1: Riesgos de Trabajo en México por año de ocurrencia.

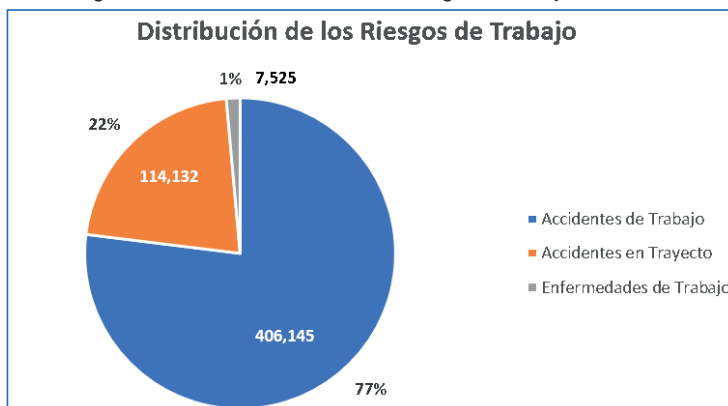


Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social.

Como resultado de los riesgos de trabajo, durante el mismo periodo, han ocurrido en promedio 1,364 defunciones por año, distribuidos en accidentes de trabajo, accidentes en trayecto y enfermedades de trabajo, por lo que se podría decir entonces que ocurren 4 defunciones por día como resultado de los riesgos de trabajo.

Al respecto, el IMSS como institución encargada de la seguridad social de los trabajadores al servicio de la iniciativa privada en México, cuenta con casi el 80% del padrón de trabajadores afiliados con empleo de tipo formal, alrededor de 4,000,000 de trabajadores que están adscritos a otras instituciones públicas de seguridad social en el país no están contemplados dentro de las estadísticas; lo cual es un área de oportunidad para la STPS como principal instancia de gobierno que regula las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que el trabajo se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores.

Figura 2: Promedio de distribución de Riesgos de Trabajo en México.



Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social.

En el sector de la construcción es ya común que se contrate gente nueva para realizar una obra en determinado lugar y una vez terminada la parte en la que le toca intervenir el trabajador (cimentación, obra negra, instalación eléctrica, colocación de pisos, pintura, colocación de yeso, etc.) se le despide y contrata a otros más. La otra situación es que, también se ha vuelto costumbre, que la empresa constructora subcontrate a otras empresas especializadas para cada parte del proyecto, deslindándose aparentemente, de responsabilidades con los trabajadores.

Al respecto, los contratistas independientes tienen como característica principal el que no tienen lazos permanentes con una determinada organización, y precisamente de ahí se deriva gran parte del problema, ya que es así como los trabajadores no sienten ningún compromiso con la empresa que les subcontrata y consideran que pertenecen a dos mundos totalmente diferentes.

Lo anterior, hace que la tarea de la seguridad laboral en las obras se complique, pues estos trabajadores son temporales, y para efectos de motivación e intento de cambiar los comportamientos de riesgo por unos comportamientos que sean seguros para su integridad física, se hace cada vez más difícil. Así, por ejemplo, en el sector de la construcción es donde tiene mayor presencia el lema:

*“Más rendimiento, menos tiempo y bajo costo,,,,, aún a costa de la seguridad de los trabajadores”*

### 3.3 TEORÍAS SOBRE LOS ACCIDENTES

De las teorías existentes sobre la explicación de los accidentes, en esta investigación y de manera particular se hace uso de la intervención del factor humano. De manera particular, haremos intervenir la teoría de la Seguridad Basada en los Comportamientos (SBC) de los trabajadores.

Según (Montero, 2003) la seguridad que se basa en los comportamientos de los trabajadores, ha reportado resultados satisfactorios y por lo tanto se debiera tomar más en consideración en la implantación de los programas de seguridad. En los días actuales, donde todos estamos envueltos en una avalancha de modelos, técnicas, sistemas de gestión, filosofías, etc., en un entorno altamente competitivo, lo primero que se busca es el resultado y este tipo de proceso lo garantiza.

La SBC es relativamente nueva en la gestión de la seguridad con fines de prevención de accidentes, aunque, las raíces de este tipo de teorías datan de los inicios del siglo pasado en Rusia, donde Ivan Pavlov (1849-1936) estudió la respuesta en la generación de la saliva de los perros ante la oferta de comida. Pavlov formuló la teoría del

reflejo condicionado como respuesta a un estímulo y Vladimir Bechtarev (1857-1927) creó el concepto de psicología objetiva donde sólo se estudiaba y se generaban teorías sobre el comportamiento humano a partir del estudio de la conducta objetiva, o sea, aquella que puede observarse y registrarse.

Según (Komaky,1978), a finales de los años 70 se publican los primeros experimentos que utilizan las técnicas de modificación del comportamiento midiendo como indicador de resultado específicamente el comportamiento hacia la seguridad. A través de los años 80 se replican los resultados de los primeros experimentos y se demuestra el potencial para mejorar el desempeño hacia la seguridad y reducir los accidentes ocupacionales (Fellner y Sulzer-Azarof, 1984).

Posteriormente, en los años 90 se reconoció el valor comercial de la SBC y su potencialidad en la reducción de los accidentes, por tanto, se amplió su estudio por los académicos y se comenzaron a comercializar diferentes metodologías y programas por compañías del campo de la Seguridad Ocupacional y la Consultoría sobre Gerencia (Geller, 2002).

La SBC no es una herramienta para reemplazar a los componentes tradicionales de un Sistema de Gestión de la Seguridad, todos los objetivos básicos de los mismos se pueden mantener. Como es fácil deducir, la SBC tiene su foco en los comportamientos de los trabajadores hacia la seguridad, pero aun cuando es ampliamente reconocido que la conducta humana es un factor de importancia significativa en la causalidad de los accidentes, éste no es el único factor. La SBC no debe implementarse eliminando los métodos tradicionales que tienen una eficacia probada en la reducción o eliminación de accidentes. La SBC es más efectiva en el Sistema de Gestión Global de la Seguridad cuando se integra y complementa a los sistemas de seguridad tradicionales.

La práctica central de todos los procesos que han utilizado a la SBC consiste en determinar el porcentaje (partiendo de una lista de comportamientos relativos a la seguridad previamente redactada) de aquellos comportamientos que, dentro de todos los observados por una persona, fueron considerados seguros. Con este porcentaje y utilizando diferentes técnicas que pueden influenciar a las personas y sus comportamientos se realiza un proceso que logra disminuir y mantener bajo control a los accidentes industriales.

Una recopilación de información que la (Mutua Universal, 2001) realizó, indican también que diversas investigaciones han presentado evidencia convincente acerca del papel protagónico que juegan los actos de las personas como causas directas de los accidentes en el trabajo. A partir de los estudios realizados por Heinrich hace ya medio



siglo, diversas fuentes han ampliado sus hallazgos y confirmado sus apreciaciones. Los estudios más relevantes fueron las investigaciones sobre los accidentes en la empresa química Dupont, en cuyas conclusiones se atribuyeron cerca del 80% de la causalidad de los accidentes a los actos inseguros de las personas.

Así pues, la evidencia disponible, sugiere que, en contraposición a creencias bastante extendidas: “nos son las condiciones físicas del ambiente de trabajo las principales causas de los accidentes”.

Definiendo a la seguridad conductual como la aplicación al campo de la seguridad industrial de principios y métodos derivados de la disciplina conocida como el análisis de la conducta, estos principios incluyen la retroalimentación y el reforzamiento positivos para aumentar las conductas apropiadas y la retroalimentación correctiva para disminuir las conductas no deseadas.

Aplicado a la seguridad, esto significa que se aumentan las conductas seguras (preventivas) y se disminuyen las conductas de riesgo (preocupantes), finalmente lo que se pretende es el mejoramiento del desempeño de las personas.

### 3.4 CASO DE APLICACIÓN

Durante la reconstrucción de los edificios dañados por sismos en México, se ha podido constatar que, desde sus inicios se ha tenido la exigencia de las medidas preventivas en cuestiones de seguridad laboral. De esta manera, los constructores en todo momento llevan a cabo las acciones manifestadas en los documentos relativos a su Plan de Gestión de Seguridad Laboral. Aunado a esto, en la obra se ha establecido de manera enérgica que todos los participantes en el proyecto son responsables no solo de su propia seguridad, sino que también son participes de la de todos sus demás compañeros. Luego de casi un año de trabajos en las obras de reconstrucción, se puede observar que efectivamente se tienen avances en lo que llamamos una “cultura de responsabilidad por la seguridad”, lo cual se puede constatar en los reportes de accidentes, recorridos de obra, reuniones de obra, bitácora de obra, etc.

Lo anterior, conlleva a una inversión económica necesaria por parte del empresario, la cual está considerada en la normatividad vigente (NOM-031-STPS-2011) para la ejecución de las obras donde se señala que: “es obligación del patrón propiciar las condiciones para que sus trabajadores desarrollen sus actividades sin riesgo de sufrir accidentes”. Es también importante señalar que, la misma normatividad señala que: “es obligación del trabajador respetar y llevar a cabo las medidas preventivas establecidas en los centros laborales”.

En las obras en estudio, es más que interesante mencionar que durante 11 meses de trabajo y con un promedio de 50 trabajadores por cada edificio en reparación, no se han presentado accidentes que representen gravedad a la integridad física de los trabajadores. Sin embargo, si se han observado de manera frecuente actos inseguros e imprudentes que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores, por lo que, se debe seguir trabajando en la prevención.

### 3.5 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Las actividades de rehabilitación estructural y mejora arquitectónica para los edificios dañados por el sismo del 2017, como se muestran en la figura 1, se pueden resumir en las siguientes:

- a) Estabilización de la estructura. Esta etapa se puede llevar a cabo colocando madera o una estructura metálica, con la idea de soportar verticalmente al edificio y evitar posibles derrumbes o colapsos.
- b) Reforzamiento de la cimentación. Esta etapa se lleva a cabo únicamente cuando el edificio cuenta con sótanos que funcionan como estacionamientos o cuando la cimentación es de tipo cajón.
- c) Refuerzo de las columnas y muros del primer nivel. Normalmente, se debe comenzar los trabajos de abajo hacia arriba y el método de reparación o refuerzo estructural dependerá del diseño original del edificio y del grado de daño que presente.
- d) Reparación de la losa de concreto del primer nivel. Debido a que para poder ampliar de sección las columnas y muros, se requiere de perforar huecos en la losa que se encuentra por encima, ya que por dichos huecos es como se debe introducir el concreto nuevo.
- e) Los procedimientos de los incisos c y d han de repetirse hasta llegar al nivel superior del edificio.
- f) Una vez que se van reforzando estructuralmente los niveles, de manera inmediata, se procede a proporcionar la mejora arquitectónica, que consiste en volver a colocar los acabados y las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas.
- g) Colocación de carpintería, herrería y cristales. Que consiste en colocar las puertas interiores y ventanas para cada uno de los departamentos.

Fig. 3: Edificios dañados por sismo (izq.) y trabajos de refuerzo estructural (der.).



Fuente: propia.

### 3.6 CUMPLIMIENTO A LA NORMATIVIDAD EN OBRA

Durante la reparación de las estructuras de concreto dañadas por los sismos en México, se han podido observar las condiciones físicas e instalaciones en la obra, además de la manera en cómo son llevadas a cabo las actuaciones de los trabajadores de la construcción. De igual manera se resalta la importancia de las acciones que los ingenieros de la obra, el personal a cargo de la seguridad y la supervisión, llevan a cabo día a día para evitar se presenten accidentes.

- a) Planeación de los trabajos. En la NOM-031-STPS (Secretaría de Gobernación, 2011), en su inciso no. 8, Análisis de Riesgos Potenciales, se menciona que es una obligación del patrón que previo al inicio de los trabajos, se realice el análisis de riesgos para todas y cada una de las actividades con la finalidad de planear la manera de minimizarlos.

Al respecto, es de reconocerse en primera instancia que, en las obras de construcción, por las características muy particulares, los riesgos siempre están presentes, pero como marca la propia normatividad, se debe tratar de minimizar dichos riesgos. Al respecto, en la obra se ha observado que de manera frecuente se realizan trabajos de manera simultánea en diferentes alturas, lo que ciertamente hace incrementar los riesgos de sufrir accidente, esta situación, podría mejorar si las actividades se planean de forma diferente.

- b) Botiquines de primeros auxilios, en la norma NOM-027-STPS-2008, Actividades de soldadura y corte - Condiciones de seguridad e higiene. Apartado 10. Requisitos de los procedimientos de seguridad, Inciso, 5.17, se establece que se debe contar con un botiquín de primeros auxilios en el área donde se desarrollen actividades de soldadura y corte, en el que se deben incluir los materiales que se requieran de conformidad con el análisis de riesgos potenciales.
- c) Existen trabajadores que son muy renuentes a hacer uso de su EPI y normalmente son los mismos trabajadores que cometen actos imprudentes, exponiendo su integridad física y la de sus compañeros. En la obra en cuestión, cuando se detecta este tipo de trabajadores, se les hace la llamada de atención hasta en dos ocasiones y a la tercera vez se les despide.

Al respecto, la NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo, numerales 5, 6 y 7, menciona que todos los trabajadores en la obra deben utilizar el casco, máxime cuando se encuentran trabajando en zonas de trabajo a doble altura.

- d) Se ha observado que minutos antes de la hora de la comida, los trabajadores en su afán por contar con mayor tiempo para comer y luego descansar, bajan corriendo e incurren en actos imprudentes que ponen en riesgo su integridad física, de manera particular los soldadores que sueltan su cuerda de vida y comienzan a caminar sobre las vigas de manera libre.

Igualmente se ha observado que los trabajadores ignoran las medidas de seguridad establecidas en la obra, por ejemplo, se les ha observado recargándose las cuerdas o barreras de seguridad que se colocan para evitar caídas.

- e) Escaleras portátiles de 5 m de longitud sin la correcta sujeción o aseguramiento para evitar que resbalen o se desplacen provocando la caída del personal. En la NOM-009-STPS-2011, condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. numeral 12, se menciona que las escaleras de mano o portátiles deben estar sujetas a puntos fijos para evitar que resbalen y al mismo tiempo amarradas a puntos fijos para evitar que vuelquen, máxime aun cuando la altura de estas es mayor a 5 m.
- f) Para los trabajos de soldadura y corte se debe utilizar la mezcla de los gases oxígeno y acetileno y en recorrido de obra se ha observado el uso de gas butano (que no es de la calidad especificada) y en condiciones de alto riesgo.

- g) Condiciones eléctricas. NOM-029-STPS-2005, condiciones de seguridad en el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo. Se ha observado en recorrido de obra que en los trabajos de soldadura los trabajadores realizan “extensiones” incorrectas en los cables, dejando expuesta la parte energizada, realizan traslapes de cable eléctrico de manera incorrecta, realizan conexiones sin el uso de clavijas, solo con cables pelados, etc.
- h) Escaleras fijas de obra. NOM-001-STPS-2008, edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. Específicamente en el apartado 7.5 escaleras. En las obras se ha observado que las escaleras provisionales no cumplen con las especificaciones de la norma y por lo tanto, representan riesgo a los trabajadores de sufrir golpes y caídas.
- i) Condiciones de peligro. NOM-001-STPS-2008, condiciones de seguridad en edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo. 7. Requisitos de seguridad en el centro de trabajo, 7.1.1 Contar con orden y limpieza en las áreas de trabajo.

Se pudo observar que la obra se sigue presentando el problema de saturación de los espacios por la presencia materiales, equipos y herramientas, lo que dificulta el paso de los trabajadores.

### 3.7 ANÁLISIS DE RIESGOS

En la NOM-031-STPS-2011 se establece que un riesgo de trabajo es la correlación entre la peligrosidad de un agente o condición física y la exposición de los trabajadores, con la posibilidad de causar efectos adversos para su integridad física, salud o vida, o dañar al centro de trabajo.

Todo análisis de riesgos laborales debe quedar manifestado en un documento de tal forma que sea parte de las evidencias para la toma de decisiones y futuras acciones antes de iniciar una actividad en las obras de construcción. Por tal situación, los análisis de riesgos deben realizarse por personal con experiencia en el ramo y no deben dudar en manifestar los riesgos de trabajo intolerables (cuando así existan), para que de igual manera se exijan las medidas preventivas para cada riesgo identificado.

A continuación, en la tabla 2 se muestra un modelo de análisis de riesgos para una actividad en específico.

Tabla 2: Modelo de análisis de riesgos laborales.

Plan de evaluación de riesgos laborales para la reconstrucción de un edificio dañado por sismos				<b>Plan de seguridad y salud: Identificación de peligros y riesgos</b>									
<b>PROCESO/SUBPROCESO/ACTIVIDAD: CIMENTACION</b>													
LUGAR DE TRABAJO: Ciudad de México													
TAREA	PELIGRO	RIESGO	MEDIDAS DE CONTROL EXISTENTES	Probabilidad						Probabilidad por severidad	Grado de riesgo	Riesgo significativo	Medidas de Control propuestas
				Índice de personas	Índice de Procedimien.	Índice de capacitación	Índice de exposición	Índice probabilidad	Índice de severidad				
Excavación de terreno	Derrumbes	Aplastamiento	Señalización	2	1	1	2	6	3	18	I	SI	Proced. Const. Uso de ademes
	Movimiento de camiones pesados	Atropellos	Señalización	2	1	1	2	6	3	18	I	SI	Capacitación y proced. Const.
<b>PROBABILIDAD</b>													
INDICE	No. De Personas expuestas	Procedimiento existente	Capacitación	Exposición al riesgo		Severidad del riesgo							
1	De 1 a 3	Existen, son satisfactorios y suficientes	Personal entrenado conoce el peligro y lo previene	Al menos 1 vez al año		Lesión sin incapacidad.							
				Baja		Disconfort/ incomodidad							
2	De 4 a 12	Existen parcialmente, no son satisfactorios o suficientes	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro pero no toma acciones de control	Al menos 1 vez al mes		Lesión con incapacidad							
				Media		Daño a la salud reversible							
3	Más de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce peligros, no toma acciones de control	Al menos 1 vez al día		Lesión con capacidad							
				Alta		Daño a la salud irreversible.							

#### 4 RESULTADOS

A través de las observaciones realizadas directamente en las obras de reconstrucción de edificios dañados por sismos, se manifiestan las siguientes situaciones:

- Aun cuando en la Ciudad de México se han tenido grandes sismos y muchos daños a las edificaciones, tanto la parte técnica como los propios trabajadores de la construcción, han manifestado carencia de **conocimientos y experiencia** en cuanto a la reparación de elementos estructurales.
- Los **análisis de riesgos** se siguen realizando sin considerar las verdaderas situaciones y condiciones de las obras, lo que refleja en parte, la falta de compromiso y estrategias en la planeación por parte de los constructores, supervisión externa y entidades gubernamentales.
- Para rehabilitar un edificio, previamente se requiere de la colocación de andamios y soportes provisionales para estabilizar la estructura, esto, reduce considerablemente los **espacios para las maniobras**.
- En el sector de la construcción, se sigue presentando la inconveniencia de la alta **rotación de los trabajadores**, lo cual afecta de manera directa en el rendimiento de los mismos.
- Los trabajadores de la construcción, no trabajan por convicción propia y siguen adoptando la **cultura de actos imprudentes e inseguros**, si no está presente el supervisor, no trabajan respetando las reglas de seguridad.
- Los trabajadores de la construcción continúan “aprendiendo el oficio” a base de observación y práctica, aún hoy en día no se tienen planes para la implementación de **modelos de capacitación en rehabilitación** de elementos estructurales en edificios dañados por sismos.
- Los trabajos de rehabilitación estructural, inician en la cimentación y continúan de manera gradual hacia los niveles superiores y a medida que se avanza, los trabajadores van adquiriendo **habilidad y destreza** en las tareas.
- Otro factor más que debe considerarse en cuanto a la afectación de la seguridad de los trabajadores, es la presencia de **eventos naturales** como los propios sismos, tornados, huracanes y por supuesto, también la presencia de pandemias como el COVID 19 que se está viviendo a nivel mundial.

## 5 CONCLUSIONES

La seguridad laboral en las obras, está avanzando, quizás no a pasos como se quisiera, pero, se puede observar que si se están mostrando avances significativos. Acertado es decir que ya los empresarios están comenzando a cambiar de parecer, ya que comienzan a observar que la seguridad en las obras no es un “gasto” sino una

“inversión”. Desafortunadamente, como se ha manifestado en este documento, la planeación de los trabajos en las obras se continua un poco de manera improvisada, se da por hecho que los trabajadores ya saben que y como hacer las cosas, incluyendo en ello la propia seguridad.

Es de tomarse en cuenta que, entre otros factores, la cultura que como nación se tiene en México también influye de manera importante al momento en que los trabajadores llevan a cabo sus tareas: el nivel educativo, la problemática social, las condiciones geográficas, la falta de oportunidades laborales y de capacitación, etc.

Por tales circunstancias, es que se considera fundamental iniciar ya con la implementación de planes y programas para que, desde el inicio mismo de los trabajos, se sigan protocolos que permitan guiar a los trabajadores y de esta manera se disminuyan los riesgos de sufrir algún accidente. En este sentido, se debe iniciar con la detección de peligros y el análisis de riesgos laborales, sin minimizar los resultados, sino todo lo contrario, ya que de aquí dependen las acciones a recomendar para minimizar los riesgos.

La seguridad de los trabajadores es responsabilidad de todos, y debe iniciar desde la participación de los más altos niveles hasta los trabajadores en las obras que son los que realmente se exponen día a día a los riesgos, por lo tanto, las condiciones inseguras deben ser reportadas y eliminadas de manera inmediata.

De las experiencias que se van adquiriendo en este tipo de proyectos de reparación estructural, resalta el hecho de que los espacios para realizar los trabajos son considerados como confinados, es decir, espacios reducidos. Ante tal situación, los procedimientos constructivos deben ser planeados minuciosamente ya que la luz natural será insuficiente y los rendimientos podrían disminuir sustancialmente.

Igualmente es importante el considerar que, al momento de iniciar con las reparaciones estructurales, se requerirá de remover concreto por medios mecánicos, lo cual provocará vibraciones en el edificio, esta situación, normalmente provoca temor en los trabajadores, ya que inmediatamente les hace recordar que el edificio fue dañado por un sismo.

Finalmente, es necesario que se involucren las autoridades gubernamentales, el cliente y la supervisión externa para exigir que las constructoras proporcionen los equipos de protección individual, capaciten, propicien las condiciones idóneas para el desarrollo de los trabajos y de forma general, que verifiquen el cumplimiento a la normatividad.





Objetivos de Desarrollo Sostenible:

1. Durante el proceso de reconstrucción de edificaciones dañadas por sismos, se debe evitar en la medida de lo posible la generación de materiales producto de demoliciones, en este sentido, la rehabilitación estructural de la infraestructura constituye una medida de mitigación de emisión de residuos contaminantes.
2. En México, la presencia de sismos es frecuente y ha causado muchos desastres en gran parte de las ciudades, principalmente en la Ciudad de México, por tal motivo es necesario formar recursos humanos para la realización de las tareas de rehabilitación y al mismo tiempo procurar que los trabajadores lleven a cabo sus tareas con seguridad.

### BIBLIOGRAFÍA

Ameijide L. (2016). *Gestión de proyectos según el PMI*. Tesis de licenciatura, Universidad Abierta de Cataluña, España.

Baselga M. Cortes C., Domingo C., y varios autores más (1984). *Seguridad en el Trabajo*. Ed. INST, 564 p.p.

Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), Gobierno de México (2019). *Programa Nacional de Reconstrucción / Componente de Vivienda. México*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/conavi/acciones-y-programas/programa-nacional-de-reconstruccion-componente-de-vivienda>.

Fellner D. y Sulzer-Azaroff B. (1984). *Increasing industrial safety practices and conditions through posted feedback*. *Journal of Safety Research*, 15(1):7-21.

Geller E. (2002). *The participation factor. How to increase involvement in occupational safety*, *American Society of Safety Engineers*, Illinois, USA.

Instituto Mexicano del Seguro Social – IMSS. (2018). *Memoria Estadística 2018*, México. Obtenido de: <http://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/memoria-estadistica-2018>.

Komaki J., Barwick K. y Scott L. (1978). *A behavioural approach to occupational safety: pinpointing and reinforcing safe performance in a food manufacturing plant*. *Journal of Applied Psychology*, 63(4): 434-445.

Montero M. R. (2003). *Siete Principios de la Seguridad Basada en los Comportamientos*. *Revista del INSH*, 25-2003. p.4-11

Munch L., García M. (2012). *Fundamentos de administración*. Editorial Trillas. México.

Mutua Universal (2001). *Manual Técnico de la Construcción, Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales*. Ed. Ciedossat, España, 596 p.p.

Secretaría de Gobernación (2011). *Diario Oficial de la Federación: Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo*. México.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Gobierno de México (2019). Acuerdo por el que se emiten los Lineamientos Específicos del Programa Nacional de Reconstrucción para el ejercicio fiscal 2019 de la Comisión Nacional de Vivienda. México. Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461725/PNR\\_CONAVI\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/461725/PNR_CONAVI_2019.pdf)

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Gobierno de México (2020). Acuerdo en el que se establecen las Reglas de Operación del Programa nacional de Reconstrucción para el ejercicio fiscal 2020. México. Obtenido de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/545042/ROP\\_PNR\\_2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/545042/ROP_PNR_2020.pdf)

Suárez C. (2018). *Costo y tiempo en edificación*. México: Editorial Limusa.

# CAPÍTULO 3

## EL MAPUDUNGUN, INTERCULTURALIDAD E INCLUSIVA EN EL SISTEMA EDUCATIVO CHILENO

Data de submissão: 03/09/2024

Data de aceite: 19/09/2024

**José Manuel Salum Tomé, PhD.**

Doctor en Educación

<http://orcid.org/0000-0002-2894-5538>

**RESUMEN:** El mapudungun es uno de los patrimonios que define la identidad del pueblo mapuche. Su sobrevivencia a través del tiempo se debe, principalmente, a los procesos de re-etnificación ocurridos en la última década. No obstante, es necesario seguir las estrategias desarrolladas brevemente en este trabajo, con la finalidad de mantener su vigencia y revitalización en el contexto sociocultural chileno. Un programa de mantención de esta lengua indígena debe tener el debido respaldo estatal para convertirse en una lengua saludable y autosuficiente. Todo esto permitirá la continuación del modo de vida de sus usuarios, así como el reflejo fiel de su cultura dentro del mundo multicultural.

**PALABRAS CLAVES:** Mapudungun. Identidad. Interculturalidad.

### MAPUDUNGUN, INTERCULTURALITY AND INCLUSION IN THE CHILEAN EDUCATIONAL SYSTEM

**ABSTRACT:** The mapudungun is one of the heritage that defines the identity of the Mapuche people. Its survival over time is mainly due to the re-registration processes that have occurred in the last decade. However, it is necessary to follow the strategies developed briefly in this work, in order to maintain their validity and revitalization in the Chilean sociocultural context. A maintenance program for this indigenous language must have the proper state support to become a healthy and self-sufficient language. All this will allow the continuation of the way of life of its users, as well as the faithful reflection of its culture within the multicultural world.

**KEYWORDS:** Mapudungun. Identity. Interculturality.

### 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de la Educación Intercultural es dar respuesta a la diversidad cultural que impera en las sociedades democráticas desarrolladas. Para ello, parte de planteamientos que respetan el pluralismo cultural, como algo consustancial a las sociedades actuales, valorándolo como una fuente de riqueza para todos los miembros

de una sociedad. Desde el punto de vista pedagógico, las diferencias culturales se entienden como un importante recurso educativo. La Educación Intercultural propone una práctica educativa que convierta las diferencias culturales de individuos y sociedades en el foco de reflexión e investigación.

No hay que olvidar que la Educación Intercultural es en definitiva una forma de atención a la diversidad. Desde esta perspectiva se entiende mucho mejor su aportación en el ámbito educativo y social, ya que constituye la etapa final en el proceso de aceptación y valoración de las variables culturales. Para entender esto mejor, es necesario conocer cuáles son los modelos existentes en el tratamiento de la diversidad, sea cual sea esta, incluida la lingüística y cultural.

Vivimos en un mundo diverso en el que ya desde hace tiempo se habla de biodiversidad. Por otro lado, la diversidad es una de las características definitorias de la humanidad y por ende, de nuestras sociedades. La escuela es un reflejo de esa variabilidad social y debe tratar todas las diversidades que confluyen en ella, desde las culturales a las físicas o las de capacidades. A la hora de tratar esa diversidad, se han partido de presupuestos diferentes que atendían a voluntades ideológicas y políticas. Tradicionalmente se ha partido de dos teorías: la teoría del déficit y la teoría de la diferencia Arroyo González, M<sup>a</sup> José. (2012). Las dos pretenden atender la diversidad, aunque desde planteamientos completamente distintos. Cada una de ellas ha dado lugar a modelos educativos distintos para tratar esa diversidad consustancial a las personas y a las sociedades.

Las dos teorías se basan en la estrecha relación existente entre diversidad y desigualdad, pero dan soluciones completamente diferentes a esa relación. La teoría del déficit plantea eliminar esas diferencias mediante modelos educativos basados en la asimilación y la compensación, mientras que la teoría de la diferencia no se plantea eliminarlas, sino propone un enriquecimiento mutuo desarrollando para ello modelos educativos concretos: el multicultural y el intercultural. COMO LO SEÑALA Tuts ( 2007:34)

La educación intercultural se confunde, demasiadas veces, con la atención al alumnado inmigrante y la lengua vehicular se impone como factor de integración, olvidando su necesaria transformación en lengua vincular de comunicación. El respeto a la diferencia raya a menudo en el fomento del relativismo cultural, mientras que la convivencia es vista como una situación utópica. En cuanto a la cohesión social, ésta se confunde a menudo con la homogeneidad, el monolingüismo o el monoculturalismo. Por tanto, parece que la diversidad cultural y lingüística tiende a desconcertar y provocar recelo.

La educación intercultural y la inclusión presentan múltiples conexiones que pueden y deben, guiar nuestra práctica educativa. Como más adelante analizaremos, la educación intercultural es un modo de hacer escuela y de educar.

## 2 CONTEXTO CHILE

En la actualidad, varios grupos indígenas en Chile aún utilizan su lengua, que constituye uno de los patrimonios que definen su identidad, incluyendo su forma de vida, su historia, sus rituales, su filosofía y sus costumbres.

Los indígenas en Chile enfrentan varios desafíos lingüísticos. Cuando se encuentran en la ciudad o en medios en donde se habla exclusivamente el español, ellos deben adaptarse a esta situación, dejando la lengua nativa para comunicarse esporádicamente con algún miembro de su grupo que hable la lengua en las reuniones familiares o de amistades. Los grupos que residen en los centros rurales mantienen en mayor medida su lengua y cultura que les permite perpetuar algunos rituales ancestrales. No obstante, sólo los adultos mayores hablan la lengua nativa en muchos de estos lugares, incluyendo las áreas rurales de Arauco, Malleco, Cautín, Mehuín y Panguipulli, principalmente. También hay personas mapuche que hablan su lengua en las ciudades hacia donde gran cantidad de ellos migran como trabajadores temporeros o permanentes, más específicamente en Santiago, Concepción y Temuco.

Las lenguas indígenas han tenido la fuerza suficiente para sobrevivir a través del tiempo, enfrentando las enormes presiones de asimilación por parte del español como lengua oficial. Todavía existe un importante número de hablantes de cada una de las lenguas que aún están vigentes, tales como el Aymara, el Rapanui y el Mapudungun. El proceso de re-etnificación actual ha activado el desarrollo de la vitalidad de estas lenguas en varias comunidades tanto rurales como urbanas. Dentro de esta motivación, es necesario planificar los recursos disponibles para guiar todos estos esfuerzos bajo la tutela de un programa con metas realistas y procedimientos efectivos. Esto significa obtener la información necesaria para diagnosticar las condiciones en que se encuentra la lengua, y así elegir las estrategias apropiadas de intervención conducentes a su revitalización. Los enfoques, los recursos, las ideas y las metas deben estar basadas en las vivencias y conocimientos de los grupos indígenas, así como en las experiencias y conocimientos teóricos y prácticos de los lingüistas, educadores, antropólogos y otros científicos sociales.

## 3 INTERCULTURALIDAD Y EDUCACIÓN

La interculturalidad es una dimensión que no se limita al campo de la educación, sino que se encuentra presente en las relaciones humanas en general como alternativa frente al autoritarismo, el dogmatismo y el etnocentrismo. Sin embargo, la búsqueda de sociedades más democráticas y plurales supone procesos educativos que afirmen

y proporcionen experiencia de vivir en democracia y de respeto a la diversidad. Como educadores tenemos una responsabilidad ineludible.

La interculturalidad en la educación aparece estrechamente ligada al nuevo espíritu de equidad y calidad que inspiran las actuales propuestas educativas, superando así la visión igualitarista que predominó en el escenario social latinoamericano desde la llegada de las primeras oleadas liberales al continente. La interculturalidad en la educación supone un doble camino: hacia adentro y hacia fuera y que una de las direcciones necesarias a las que debe dirigirse un proyecto educativo intercultural, particularmente cuando se trata de pueblos que han sido objeto de opresión cultural y lingüística, (como los nuestros) es precisamente hacia las raíces de la propia cultura y de la propia visión del mundo, para estructurar o recomponer un universo coherente sobre el cual se pueda, luego, cimentar desde una mejor posición el diálogo e intercambio con elementos culturales que, si bien ajenos, son necesarios tanto para sobrevivir en el mundo de hoy cuanto para alcanzar mejores niveles de vida, usufructuando aquellos avances y desarrollos científico – tecnológicos que se considere necesario.

La educación intercultural, debe entenderse en un proceso pedagógico que involucra a varios sistemas culturales. Nace del derecho individual y colectivo de los pueblos indígenas que conlleva, no solo gozar del derecho a la educación como todos los ciudadanos/as, sino también, el derecho de mantener y cultivar sus propias tradiciones, cultura, valores, pero también de la necesidad de desarrollar competencias interculturales que permitan a cualquier ciudadano de cualquier lugar del país pertenezca este a la cultura hegemónica o no, a poder convivir democráticamente con los otros.

A partir de la experiencia acumulada en los primeros años de implementación de la educación intercultural bilingüe en el sistema educativo chileno, y teniendo claridad del rol fundamental de la lengua indígena para el reconocimiento, valorización y respeto de la cultura, cosmovisión e historia de los pueblos originarios, se impone el desafío de convertir la escuela en un espacio educativo en el cual se asegure a sus estudiantes las oportunidades de aprendizaje de dicha lengua, de modo sistemático y pertinente a su realidad.

Así, en el 2009, el Ministerio de Educación de Chile, establece los Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la creación del Sector Lengua Indígena en la Enseñanza Básica; lo que permitió iniciar el diseño de Programas de Estudio para los idiomas aymara, mapuzugun, quechua y rapa nui. Lo anterior, considerando, al menos, tres realidades diferentes de acceso a la lengua indígena por parte de niñas y niños: los que tienen como lengua materna o familiar uno de estos cuatro idiomas, los que

escuchan la lengua indígena solo en su entorno social, y los que solamente lo escuchan en la escuela.

La asignatura de Lengua Indígena, con cuatro horas semanales asignadas, busca fortalecer los conocimientos culturales y lingüísticos de cuatro pueblos originarios que aún mantienen vigente su lengua nativa: aymara, mapuche, quechua y rapa nui. Para ello, se conforma una dupla pedagógica, compuesta por un/a docente de aula (que apoya en los aspectos pedagógicos) y un/a educadora tradicional, persona encargada de impartir los saberes tradicionales, especialmente la lengua indígena.

La enseñanza de las lenguas aymara, mapuzugun, quechua y rapa nui, se articuló en torno a dos ejes, concebidos como complementarios:

- Oralidad: entendida como una forma de conocimiento dinámica y contextual, y reconocida como la manera tradicional de transmisión y acumulación de conocimiento de los pueblos originarios.
- Comunicación escrita: entendida como de gran complejidad para las lenguas indígenas, por la historia de tradición oral en la transmisión de saberes. Sin embargo, se promueve el conocimiento del código escrito de la lengua indígena, mediante los grafemas del castellano.

La asignatura de Lengua Indígena se ha implementado de forma gradual, comenzando el año 2010 en el primer curso de la enseñanza básica para alcanzar al 2018, la enseñanza y el aprendizaje de las lenguas Indígenas en octavo básico.

Complementariamente las escuelas pueden desarrollar de forma autónoma, planes y programas propios en torno al conocimiento indígena, los que son incorporados en el currículo escolar como asignaturas o bien como talleres extra programáticos. Estas iniciativas han permitido a las comunidades educativas generar contenidos pertinentes a sus territorios y a las particularidades de sus estudiantes.

A modo de ejemplo, dentro de los planes y programas propios que los establecimientos desarrollan, se encuentran talleres de cocina étnica, de interculturalidad y desarrollo, de cosmovisión y lengua mapuche – huilliche, de medicina tradicional mapuche, y de lengua chedungun, entre otros.

La creación de esta asignatura se sustenta en las siguientes leyes y decretos:

- La ley de indígena (1993) que favoreció el inicio de un proceso sistemático para la enseñanza de las lenguas y culturas originarias, al indicar el establecimiento de una unidad programática que posibilite el acceso a estos conocimientos.

- Ley General de Educación (2009), que establece obligaciones y principios, siendo uno de ellos el de interculturalidad, en el que se indica: “El sistema debe reconocer y valorar al individuo en su especificidad cultural y de origen, considerando su lengua, cosmovisión e historia”. En artículos 28, 29 y 30 compromete la enseñanza de la Lengua Indígena en establecimientos con alta población indígena para educación parvularia, enseñanza básica y media.
- Decreto N° 280/ 2009, que incorpora los Objetivos Fundamentales y Contenidos mínimos Obligatorios del Sector de Lengua indígena para el nivel de educación básica y establece la obligatoriedad de implementar esta asignatura en todos los establecimientos que cuenten con una matrícula superior al 20% de estudiantes indígenas.
- Convenio 169 de la OIT, ratificado por Chile en septiembre de 2008. Convención sobre los Derechos del Niño, ratificado en agosto de 1990. Ambos instrumentos normativos aluden al derecho que asisten a los niños y niñas pertenecientes a los pueblos originarios a recibir educación y respetar su lengua y cultura.

#### 4 INTERCULTURALIDAD PARA TODOS Y TODAS

La interculturalidad nos permite a todas y todos conocernos, valorarnos y convivir con universos culturales distintos, enriqueciendo nuestras experiencias como personas y como sociedad. En este sentido, la interculturalidad busca generar una reflexión en el sistema educativo que posibilite reconocer, valorar y entender la riqueza de lo diverso, cuestionando con ello, por ejemplo, la imposición y jerarquización de un determinado tipo de conocimiento o el establecimiento de relaciones sociales.

En materia de pueblos originarios, desde el reconocimiento hacia su existencia y desarrollo social, cultural, espiritual, económico, entre otros, como culturas que habitan este territorio siglos antes de la colonización, el Mineduc (2015) en un proceso que pretende ir saldando la deuda histórica que el Estado tiene para con estos pueblos, asume la política de relevar las lenguas, culturas, historias y cosmovisiones de las culturas indígenas en los procesos de mejora educativa de calidad integral de los establecimientos del país, con el objetivo de promover una ciudadanía intercultural. Al año 2016 se identifican 223.087 estudiantes indígenas en el sistema escolar en 9.335 establecimientos educacionales (79% del total de los establecimientos escolares del país, según el Instituto de Estadística del Estado (INE).



Del mismo modo, el Ministerio de Educación ha decidido desarrollar su propio concepto de interculturalidad, buscando reflejar la realidad y el entorno en el que estamos inmersos como sociedad: La interculturalidad es un horizonte social ético-político en construcción, que enfatiza relaciones horizontales entre las personas, grupos, pueblos, culturas, sociedades y con el Estado. Se sustenta, entre otros, en el diálogo desde la alteridad, facilitando una comprensión sistémica e histórica del presente de las personas, grupos y pueblos diversos que interactúan permanentemente en los distintos espacios territoriales. La interculturalidad favorece la creación de nuevas formas de convivencia ciudadana entre todas y todos, sin distinción de nacionalidad u origen. Para ello, el diálogo simétrico es posible reconociendo y valorando la riqueza de la diversidad lingüístico-cultural, natural y espiritual. En el caso de los pueblos originarios, devela sus características y distintos sistemas que problematizan, y a la vez, enriquecen las construcciones de mundo, asegurando el ejercicio de los derechos individuales y colectivos.

## 5 EDUCACIÓN INTERCULTURAL BILINGÜE

Los niños, niñas y jóvenes pertenecientes a pueblos indígenas tienen derecho a aprender en contextos de mayor igualdad, en condiciones que se ajusten a sus particularidades culturales, a su idioma, y a su forma de ver el mundo.

Como en el resto de los países de la región, nuestro sistema educativo asumió un rol de homogeneización cultural y lingüística que dejó fuera de los discursos de “identidad nacional” una parte importante de los conocimientos, valores y formas de vida de los pueblos originarios. Este desequilibrio pedagógico a lo largo del tiempo, ha tenido una influencia negativa en la identidad y autoestima de las personas pertenecientes a los pueblos originarios, como asimismo, en la posibilidad de construcción de un país pluricultural y plurilingüe.

En este contexto, el Estado asume el deber de generar las bases para posibilitar una educación intercultural bilingüe que permita a los niños y niñas aprender la lengua y la cultura de sus pueblos, mediante la incorporación, en el currículum nacional, de la asignatura de Lengua Indígena (actualmente en aymara, quechua, mapuzugun y rapa nui) para la educación básica.

Esta asignatura, que tiene por objetivo que los niños y niñas de pueblos originarios puedan comunicarse en su lengua vernácula, es implementada en los establecimientos educacionales que quieran favorecer la interculturalidad y en aquellos que cuenten con una matrícula igual o superior al 20% de estudiantes indígenas, y es desarrollada por el educador o educadora tradicional, persona responsable de transmitir los conocimientos culturales y lingüísticos a las y los estudiantes del establecimiento.

La implementación de esta asignatura no es el único modo de transmitir estos conocimientos; la escuela puede también desarrollar talleres interculturales, estrategias de revitalización de lenguas y culturas en peligro de extinción, e inmersión lingüística en contextos específicos.

## 6 FORMACIÓN EN INTERCULTURALIDAD

La formación docente es un aspecto clave en la implementación de una educación intercultural. Chile requiere formar a sus docentes como mediadores y facilitadores del desarrollo de escuelas que valoran e integren la riqueza cultural de los pueblos originarios a la experiencia de aprendizaje de sus estudiantes.

El Ministerio de Educación ha desarrollado un trabajo conjunto con dos universidades para fortalecer un plan de formación docente en Pedagogía de Educación Básica Intercultural Bilingüe. En este sentido, ha establecido convenios de colaboración con la Universidad Católica de Temuco (UCT) y con la Universidad Arturo Prat (UAP) de Iquique.

En el caso de la UCT, este plan tiene dos grupos de destinatarios: estudiantes mapuche de las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Lagos y Los Ríos; y estudiantes de la carrera de Pedagogía en Educación Básica Intercultural Bilingüe en contexto mapuche. En tanto, el plan de formación inicial de la UAP de Iquique está destinado a estudiantes aymara, licanantai y quechua de las regiones de Tarapacá, Arica y Parinacota, y Antofagasta.

También se incluyen otras actividades dentro de los convenios como: desarrollar actividades de inmersión lingüística de los estudiantes; difundir la carrera entre las y los jóvenes de enseñanza media de establecimientos municipales en comunas con alta densidad de población indígena; y realizar coloquios de reflexión con estudiantes de otras carreras y escuelas de otras disciplinas de formación, entre otras.

Del mismo modo, el Mineduc pretende fortalecer la formación en interculturalidad a docentes de establecimientos municipales y particulares subvencionados mediante el desarrollo de un Postítulo en Interculturalidad, y a través de un curso B-learning, a cargo del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP).

Por otra parte, el Mineduc realiza un acompañamiento a las y los educadores tradicionales que implementan la asignatura de Lengua Indígena o desarrollan talleres interculturales a través de un Curso de Formación que tiene por objetivo entregar herramientas en los aspectos pedagógicos, culturales y lingüísticos para favorecer el quehacer de esta figura al interior de las escuelas.

## 7 ROL DEL EDUCADOR TRADICIONAL MAPUCHE

Las primeras líneas de trabajo del Ministerio de Educación, en cuanto a educación intercultural bilingüe, estuvieron ligadas a participación comunitaria, a fin de propiciar encuentros y recopilar saberes con un enfoque territorial, desde la voz de autoridades tradicionales, comunidades, familias, y profesionales indígenas; del mismo modo, se buscaba identificar prácticas y saberes vigentes en las comunidades, a fin de replicar algunos de estos conocimientos en la formación de los niños y niñas pertenecientes a esas comunidades educativas.

Es en este contexto que surge y se normaliza la figura del Asesor Cultural Comunitario, conocido ahora como Educadora o Educador Tradicional (ET); que se rige en un primer momento como actor vinculante entre las comunidades indígenas y los establecimientos educacionales para la transmisión de conocimientos sobre su cultura y lengua.

Esta figura se ha ido fortaleciendo en las comunidades educativas, logrando entre otras cosas: recrear estrategias de aprendizaje propias de sus comunidades, elaborar didácticas de enseñanza de lenguas indígenas, recopilar relatos orales, y sistematizar saberes asociados a matemáticas, ciencias, cosmogonía, entre otros.

En este contexto, y a partir de la creación de la asignatura de Lengua Indígena, el ET cobra relevancia en tanto es el responsable de concretar la enseñanza de las lenguas aymara, quechua, rapa nui y mapuzungun en los establecimientos que cuenten con el 20% de matrícula indígena, o en aquellos que quieran favorecer la interculturalidad a través de talleres interculturales, de bilingüismo, o de revitalización cultural y lingüística.

Algunos aspectos a considerar en el cumplimiento de sus funciones son los siguientes:

- Acreditar competencias lingüísticas y culturales suficientes para desempeñarse en la enseñanza de las lenguas y conocimientos culturales de los pueblos originarios. Ser validados por las Comunidades o Asociaciones Indígenas vinculadas del establecimiento educacional.
- Preparación de la enseñanza, entendiéndose por tal la capacidad para estructurar el proceso de enseñanza – aprendizaje con objetivos de aprendizaje a lograr en las y los estudiantes desde el punto de vista del conocimiento indígena,
- Creación de un ambiente propicio para el aprendizaje, es decir la capacidad para promover condiciones en el uso de espacios múltiples y metodologías diversas, que favorezcan el aprendizaje intercultural,

- Enseñanza para el aprendizaje de todos las y los estudiantes, es decir, la capacidad para entregar los conocimientos lingüísticos y culturales en realidades diversas para alcanzar los objetivos de aprendizaje y proponer estrategias acorde a estas.

## 8 FORMACIÓN Y ACOMPAÑAMIENTO

Desde hace más de quince años, los/as asesores/as culturales comunitarios/as, en primera instancia, y en la actualidad las y los educadores tradicionales, han recibido capacitación a través de cursos de formación y acompañamiento en los ámbitos lingüísticos, culturales y pedagógicos, con énfasis en desarrollo de competencias, tanto a nivel curricular como extracurricular.

Estos cursos de formación tienen por objetivo principal permitir un mejor desempeño y una inserción adecuada y pertinente por parte de los/as educadores/as tradicionales en el sistema educativo; y por ende, adquieren características específicas según el territorio donde se lleven a cabo, respetando la autonomía regional y promoviendo un desarrollo estratégico propio.

Las capacitaciones, realizadas en formato presencial y con una duración promedio de 150 horas, son financiadas por el Programa de Educación Intercultural Bilingüe y desarrolladas por tres entidades según las realidades regionales: a) universidades junto a organizaciones con foco en lengua indígena, b) equipos regionales ministeriales (Secretarías de Educación Regionales Ministeriales), y c) consultoras y/o profesionales independientes.

## 9 DESAFÍO ACTUAL

El rescate de las lenguas originarias es de gran relevancia, no solo porque fortalece la cultura y la identidad de los pueblos originarios que habitan Chile, sino también, porque dota de identidad a nuestro país y permite proyectarnos como una sociedad más democrática, inclusiva y respetuosa.

La situación actual de las lenguas reconocidas por la ley indígena es crítica y representa un desafío complejo que nos convoca a todos, no solo a quienes pertenecen a un determinado pueblo originario, pues es la sociedad la responsable de la revalorización de las lenguas vernáculas que hemos ido relegando a espacios cada vez más reducidos, al punto de hacer peligrar su existencia.

La condición en que se encuentran hoy las distintas lenguas de los pueblos originarios que habitan Chile es compleja; aun siendo un país multilingüe y pluricultural,

el castellano continúa siendo la lengua de comunicación, enseñanza, y normativa, por lo cual tiene la mayor cantidad de funciones. Los estudios, investigaciones e informes consultados, señalan que las principales problemáticas identificadas son las siguientes:

A nivel macro:

- Falta de status de las lenguas: entendido como la posibilidad de dar funcionalidad a la lengua en las diferentes instituciones y medios de comunicación de los cuales la lengua minoritaria o minorizada ha sido excluida.
- Falta de corpus de las lenguas: referido a una serie de acciones que se realizan con el objetivo de normatizar la lengua, tales como definir un grafemario, crear diccionarios, gramáticas y crear entes específicos que se encarguen del tema (academias), entre otros.
- En contexto de habla y comunicación, falta de espacios de uso y posibilidades de uso, funcionalidad más allá de lo local o familiar.
- El castellano es la lengua oficial de comunicación y enseñanza; esto se aprecia en la hegemonía del castellano en medios de comunicación y transmisión de lenguas: textos, medios de comunicación, artes, entre otros. Lo mismo ocurre para la educación formal e informal.

A nivel micro, los principales obstáculos se refieren a la actitud de los hablantes, por la autodiscriminación, la desmotivación para entregar conocimientos sobre la lengua materna a las siguientes generaciones, contextos locales adversos, las disminución de las comunidades o personas hablantes en un territorio y falta de apoyos externos para promocionar la lengua indígena porque no es parte de la economía, trabajo, formación profesional.

Otro desafío en esta materia dice relación con la falta de datos cuantitativos y cualitativos que permitan saber con mayor precisión la situación de las lenguas y los hablantes de ellas en el Chile de hoy. Solo se disponen de dos fuentes oficiales con información general de los 9 pueblos indígenas: CASEN (MIDEPLAN) y CENSO 2002 (INE).

Las lenguas indígenas de Chile que mantienen algún grado de vitalidad sociolingüística son el mapudungun, aymara, rapa nui y quechua. De acuerdo a la Encuesta CASEN 2009 solo el 24% de la población que pertenece a estos pueblos tendría algún grado de competencia en sus lenguas, existiendo variaciones geográficas y regionales importantes en cuanto al número y proporción de hablantes. (Fuente BCN)

<b>Año</b>	<b>Hablantes</b>	<b>Solo entiende</b>	<b>No habla ni entiende</b>
<b>2000</b>	14%	13,8%	72%
<b>2003</b>	16,8%	18,9%	64,4%
<b>2006</b>	14,2%	14,1%	71,7%
<b>2009</b>	12%	10,6%	77,3%
<b>2011</b>	11%	10,4%	78,6%
<b>2013</b>	10,9%	10,4%	78,7%
<b>2015</b>	10,7%	10,7%	78,6%

Fuente: Casen.

## 10 EL TRATAMIENTO DE UNA LENGUA EN DECLINACIÓN

Cuando se advierte que una lengua entra en estado de disminución, es posible desarrollar un programa de mantención de esa lengua. Esto depende del estado en que se encuentra, las causas históricas de su declinación, el acceso a fondos y recursos humanos y financieros y el interés de la comunidad. En una primera oportunidad, muchos miembros del grupo desean desarrollar la fluidez en el uso de la lengua, pensando en que será fácil adquirir nuevamente el código lingüístico ancestral. Lamentablemente, ésta no es una tarea libre de dificultades, pues la mayoría de los niños indígenas manejan el español como primera lengua y están escasamente familiarizados con sus tradiciones culturales autóctonas.

Por lo tanto, el español se convierte en el modelo de corrección o naturalidad y el aprendizaje de otra lengua les causa dificultad en la producción de nuevos sonidos o en la combinación de palabras en patrones que son diferentes a los de la primera lengua aprendida. Los investigadores advierten que, después de la etapa de la pubertad, es difícil procesar la información utilizando reglas y estructuras diferentes en una segunda lengua.

En realidad, la mejor forma de mantener una lengua viva es a través de la comunicación con los niños, utilizando la lengua indígena en su primera etapa de adquisición lingüística. El hecho de manejar dos lenguas en el entorno familiar permite al niño adquirir dos códigos lingüísticos simultáneamente y sin dificultades. Ciertamente, los padres tienen sus propias preferencias con respecto a la utilización de una lengua en lugar de otra. Esto puede convertirse en la fijación de reglas para los niños que perciben en qué contextos ellos pueden hablar la lengua indígena o el español. Generalmente, hablan el mapudungun con sus abuelos en el hogar, pero hablan español con sus pares en otros contextos. Finalmente, prefieren utilizar el español en todas las situaciones.

Un programa de mantención de la lengua debe incluir como meta el aumento paulatino del número de hablantes. Esto requiere la participación y preparación de

profesores que hablen la lengua con fluidez y manejen las dificultades involucradas en su enseñanza. Es conveniente ubicar a algunos miembros de la comunidad indígena que estén dispuestos a colaborar y someterse a una intensa etapa de preparación, para realizar esta tarea con la finalidad de adquirir conocimientos formales en un proceso de valoración dentro de la propia comunidad.

El programa de mantención de la lengua indígena también debe medir la importancia del español y la lengua indígena. Ambas lenguas son esenciales para la comunidad. Pero no se debe descuidar o favorecer una de ellas en desmedro de la otra. Aun cuando el español se enseña oficialmente en todo el sistema escolar chileno, existe alguna evidencia sobre el tipo de español que hablan las comunidades indígenas, el cual difiere del dialecto formal aceptado en el medio oficial. Las dos lenguas en contacto se han influido mutuamente a través del tiempo.

El dialecto familiar del español, hablado por las generaciones adultas en cada grupo indígena, se ha transmitido de generación en generación, convirtiéndose en una variedad con rasgos fonológicos y gramaticales de la lengua indígena. Esto requiere de un estudio sociolingüístico que puede entregar muchos conocimientos acerca de las dificultades que los estudiantes indígenas enfrentan al aprender la variedad estándar del español que se enseña en la escuela. Asimismo, puede entregar una pauta sobre las diferencias entre la lengua indígena y el español formal.

## **11 COMPROMISO DEL GOBIERNO CHILENO Y LA MANTENCIÓN DE LAS LENGUAS INDÍGENAS**

Los estudiosos están de acuerdo en que el fin último de un programa de mantención es alcanzar la fluidez en la utilización de la lengua indígena. Si esto no es posible, al menos se puede lograr un sentimiento de valoración de la lengua y su relevancia como medio de mantención de la identidad cultural. Los factores que determinan cuáles metas son realistas y cuáles son difíciles de lograr se pueden conocer a través de la evaluación objetiva de las necesidades de cada comunidad.

Se sabe que cualquier lengua sufre una disminución en su utilización, debido a razones históricas de competencia con la lengua de un grupo que expande su área de influencia a través de los medios de comunicación y acceso a los bienes materiales. Los primeros contactos entre españoles e indígenas fueron negativamente agresivos, debido a los propósitos de la conquista que incluyeron la adquisición de nuevos territorios, descubrimiento de metales preciosos, conversión a una nueva doctrina religiosa y búsqueda de mano de obra para trabajos forzados. Como resultado de esto, los

indígenas sufrieron la disminución de su población y atropello de su cultura que originó un sentimiento de frustración y de pueblo conquistado que escasamente se ha podido superar a través de la historia chilena.

## 12 REFLEXIÓN FINAL

Pensar la interculturalidad implica profundizar en los planteamientos políticos del país que sustentan las diferentes propuestas educativas interculturales y bilingües que se generan desde distintos actores sociales, entre los cuales aparecen organismos y gobiernos nacionales, secretarías regionales de educación, CONADI, organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles, movimientos y organizaciones étnicas, entre otros.

Así, pues, la Educación Intercultural no es posible mediante la copia y/o la adecuación extra-lógica de los valores identitarios y de los dispositivos de institucionalización de la civilización occidental, porque, en definitiva, sólo tienden a encubrir la continuidad de la evangelización socio-civilizatoria, del control cultural que ejercen históricamente sobre los diversos pueblos del mundo y que han posibilitado la conformación del actual orden global; más bien, por el contrario, demandan no sólo del reconocimiento público de la pluralidad socio-cultural que conforma el sustrato mismo de los sistemas sociales contemporáneos, deconstruyendo el ideal moderno del Estado Nación monocultural, sino también de la afirmación histórica de los valores propios de la construcción identitaria de cada una de las comunidades existentes en el orbe y, por ende, de los valores de interacción intercultural.

Legitimar la existencia comunitaria y la identidad cultural a partir de las semejanzas que puedan descubrirse, evidenciarse, asumirse e implantarse en el desarrollo del acontecer histórico particular, con los valores y dispositivos de afirmación civilizatoria de la cultura dominante, en sentido estricto, no significa confirmar la presencia irrefutable de la alteridad, del derecho a la diferencia y, por tanto, de la necesidad impostergable de la Educación Intercultural, todo lo contrario, representa el auto-engaño de camuflajearse de semejante, de prójimo, del ser auténtico, es decir, proyección ilegítima de la sociedad civilizada, desarrollada, que por ello mismo precisa de la evangelización cultural a fin de que pueda desarrollarse plenamente. Pensar la posibilidad de la Educación Intercultural, entonces, comporta la exigencia insoslayable de construir nuevos conceptos educativos que no disfracen las pretensiones evangelizadoras de la cultura dominante.

Ésta ha sido una pequeña reflexión sobre la Educación Intercultural como camino hacia la inclusión educativa. La pretensión a lo largo del artículo ha sido mostrar como



ambos conceptos comparten multitud de ideas, y en el fondo permiten maneras muy concretas de aprender y enseñar en el aula. El gran reto en estos momentos en la escuela es aportar por una educación interculturalmente inclusiva, que como nos definen García y Goenechea (2009: 35).

El reconocimiento de la diversidad social y el multiculturalismo demanda la transformación emergente de los procesos educativos contemporáneos, hacia la apropiación de los valores de construcción identitaria del contexto en que se desarrollan los individuos, a fin de que puedan construir su proyecto personal de vida, además de participar significativamente en la transformación socio-cultural y político-económica de su comunidad de vida, sin soslayar la interacción en el orden de la sociedad global. En cuanto las sociedades contemporáneas se constituyen en el reconocimiento de la alteridad onto-histórica, por tanto, se requiere de una educación que no sólo respete, sino que también potencie la diversidad identitaria, dentro de un marco de diálogo intercultural, donde todos los individuos y comunidades dispongan del derecho de apropiarse de sus propios valores culturales, así como del capital cultural disponible en la actual sociedad del conocimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

Arroyo González, M<sup>a</sup> José. (2012). La lengua en la integración del alumnado inmigrante. Estudio de las aulas ALISO en la provincia de Segovia. Universidad de Valladolid: Tesis doctoral.

Arroyo González, M<sup>a</sup> José. (2012). La lengua en la integración del alumnado inmigrante. Estudio de las aulas ALISO en la provincia de Segovia. Universidad de Valladolid: Tesis doctoral.

Bauman, J. (1980). A Guide to Issues in Indian Language Retention. Washington, D.C.: CENTER FOR APPLIED LINGUISTICS.

Censo (2002) y Proyecciones de Población, INE. Encuesta CASEN (2006), MIDEPLAN, Población total y 15-19 años, 20 comunas más habitadas de Chile, años 2002-2009 y Población por quintil de ingreso entre 15 y 19 años - 20 comunas más habitadas, Chile.

Carrasco, H. (2002). "El discurso público mapuche: noción, tipos discursivos e hibridez". Estudios filológicos 37: 185-197.

Carrasco, I. (2000). "Poetas mapuches en la literatura chilena". Estudios filológicos 35: 139-149.

Ley 19253 Corporación Nacional de Desarrollo Indígena, (1993), que tiene como objetivos la promoción, la coordinación y la ejecución de la acción estatal de los planes de desarrollo de las personas pertenecientes a los pueblos indígenas de Chile.

Galdames, L. (1995). Historia de Chile. Editorial Universitaria. Santiago, Chile.

García, J.A. y Goenechea, C. (2009). Educación Intercultural. Análisis de la situación y propuesta de mejora. Vizcaya: Wolters Kluwer.

Ginebra, 76ª reunión CIT (27 junio 1989) - Estatus: Instrumento actualizado (Convenios Técnicos).

Grebe, M. E. (1996). "Aportes de la Antropología en la Educación Intercultural Bilingüe en el Área Mapuche de Chile". PENTUKUN 5: 11-24.

Ministerio de Educación de Chile, (2009). Objetivos Fundamentales y Contenidos Mínimos Obligatorios para la creación del Sector Lengua Indígena en la Enseñanza Básica, Santiago de Chile.

Rama, G. (1987). "Educación y Sociedad en América". La Educación, Revista de Desarrollo Educativo 101: 45-66.

Rodríguez, M. C. (2004). "Ajenidad en dos poetas mapuches contemporáneos: Chihuailaf y Lienlaf". Estudios filológicos 39: 221-235.

Salas, A. (1985). "Fray Félix José de Augusta. Su aporte a los estudios de la Lengua y la Cultura de los Mapuches o Araucanos". Cultura-Hombre-Sociedad. Temuco, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. 197-272.

Santos, M. (1994). Teoría y Práctica de la Educación Intercultural. España: Edic. P.P.U. Universidad de Compostela.

LEY INDÍGENA, (1993). (Ley Nº. 19.253 D. O. 5-10-). CONADI, Corporación Nacional de Desarrollo Indígena.

Ley General de Educación, (2009). (Ley 20370 o LGE) es la ley chilena que establece la normativa marco en materia de educación. Fue publicada en el Diario Oficial el 12 de septiembre de 2009, durante el primer gobierno de Michelle Bachelet.

Williamson, G. (2012). Institucionalización de la educación intercultural bilingüe en Chile: notas y observaciones críticas. Perfiles Educativos, vol. 34, pp. 126-147.

Tuts, M. (2007). Las lenguas como elementos de cohesión social. Del multilingüismo al desarrollo de habilidades para la comunicación intercultural. En Revista de Educación 343, (pp 35-54).

# CAPÍTULO 4

## CONSIDERACIONES CONCEPTUALES PARA LA FORMACIÓN DE PROFESIONISTAS CON HABILIDADES DE GESTIÓN INTERCULTURAL, CON ÉNFASIS EN LA CULTURA MAYA<sup>1</sup>

Data de submissão: 11/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

**Mtra. Elia Esperanza Ayora Herrera**

Universidad Autónoma de Yucatán

Mérida, Yucatán, México

<https://orcid.org/0009-0001-0144-5824>

**Dra. Juanita de la Cruz Rodríguez Pech**

Universidad Autónoma de Yucatán

Tizimín, Yucatán, México

**Lic. Jorge Aldair Anguas Romero**

Universidad Autónoma de Yucatán

Mérida, Yucatán, México

<https://orcid.org/0009-0008-4145-2798>

**RESUMEN:** Se presentan los resultados de un trabajo de investigación, a partir del cual se elaboró una propuesta curricular. Para conocer los requerimientos de los interesados, se trabajó una investigación exploratoria con metodología cualitativa, de análisis crítico. Se utilizó la técnica de entrevista extensa con un profesional, egresado de la UADY, candidato a doctor por el Colegio de México, de origen maya, la cual se convirtió en la columna vertebral del trabajo, pues aportó la reflexión de una profunda formación académica a nivel doctoral, combinada con una amplia experiencia docente en la UADY y con una perspectiva de origen maya. La segunda entrevista se trabajó en la modalidad

<sup>1</sup> Artículo derivado de tesis de maestría.

de entrevista estructurada, con la entonces directora de Vinculación del Consejo Nacional Para Prevenir la Discriminación (CONAPRED), quien aportó reflexiones desde su campo de experticia. Para conocer la visión de los estudiantes de la propia institución, se trabajó con dos grupos de estudiantes que cursan diversas licenciaturas en la UADY, uno conformado exclusivamente por estudiantes de origen maya y el otro de estudiantes de origen diverso, en ambos casos. Los resultados se analizaron a través de dos categorías guía: Identidad y Conciencia de Identidad; se delimitaron tres categorías de análisis: la lengua como vehículo de la cultura, saberes e identidad, y experiencias de formación. Los resultados se derivaron en una propuesta curricular, que asume a la lengua como vehículo de preservación de la cultura, la difusión de saberes como elemento de toma de conciencia de identidad y el aprendizaje experiencial como elemento base de formación intercultural.

**PALABRAS CLAVE:** Educación intercultural. Propuesta curricular. Cultura maya. Conciencia de identidad.

### CONCEPTUAL CONSIDERATIONS FOR THE TRAINING OF PROFESSIONALS WITH INTERCULTURAL MANAGEMENT SKILLS, WITH EMPHASIS ON MAYAN CULTURE

**ABSTRACT:** A resume proposal was elaborated based on a research paper, the outcome is presentend. In order to know the

requirements of those interested, it proceeded to work into an exploratory investigation with qualitative methodology of critical analysis. The extensive interview, was the technique used for this investigation. The interviewed is a professional graduated from UADY, who is a doctor candidate, in the colegio de mexico The interviewed origins are mayan. His presence was extremely important because it shows a deep and professional academic record at its highest level combined with a wide experience as a teacher in UADY, and with a perspective of mayan origins. The second interview was developed under the technique of a structured interview. The person that was interviewed, was the previous Director of the CONAPRED, who helped providing her reviews and reflexions from her experience in that position. In order to know the vision of the students of the same institution, they were divided in two groups, the students that conform this groups are currently studying different careers. One group was conform exclusively by students of mayan origins, and the other group by diverse origins. The results were analyzed through two guideline categories: identity and awareness of identity. Three categories of analysis were delimited: the language as a vehicle of culture, knowledge, identity and experience formation. The results were exposed on a resume proposal which acknowledge the language as a vehicle of preservation of the culture. The spread of knowledge as a way of identity awareness and the experiential learning as a base of intercultural formation.

**KEYWORDS:** Intercultural education. Curriculum proposal. Mayan culture. Identity awareness.

## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos a partir de la investigación realizada para conocer los elementos formativos requeridos para plantear la propuesta curricular.

La utilización de estas técnicas y el análisis cualitativo realizado con el apoyo del programa Maxqda2, permitieron visualizar aspectos de orden personal que influyeron en la formación de la identidad comunitaria del participante (o su eventual pérdida), así como los aspectos formativos que, en el caso de los estudiantes, les han llevado o están llevando a un proceso de reflexión crítica y que, eventualmente, podría resultar en una toma de conciencia de su identidad y de su pertenencia a una comunidad.

## 2 CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

A partir del análisis de las entrevistas realizadas se establecieron dos categorías centrales: Identidad y Conciencia de identidad.

A partir del análisis de estas dos categorías y siguiendo la línea estructuradora de los factores que el Experto A fue señalando como parte del proceso de construcción de su conciencia de identidad personal, se identificaron tres aspectos fundamentales en dicho proceso y que se vinculan directamente con la formación universitaria: la lengua, la reflexión teórica o saberes y la experiencia contrastada.

## 2.1 PRIMERA CATEGORÍA: IDENTIDAD

Según González (2000), la Identidad cultural se constituye a partir de los rasgos inmateriales y anónimos producto de la colectividad y aceptados por el individuo, que serían, según el mismo autor: la lengua, las relaciones sociales, los ritos y ceremonias, los sistemas de valores, creencias y conocimientos (en Molano, 2008).

Para efectos del presente trabajo, se considera Identidad como los aspectos bajo los cuales el entrevistado se visualiza a sí mismo dentro de su comunidad o fuera de ella en experiencias y anécdotas de orden personal, se distinguirán de la siguiente manera:

Lengua – vehículo de la cultura

Saberes – conocimientos y creencias

Experiencias – vinculación social

Dice Molano (2008):

La identidad está ligada a la historia y al patrimonio cultural. La identidad cultural no existe sin la memoria, sin la capacidad de reconocer el pasado, sin elementos simbólicos o referentes que le son propios y que ayudan a construir el futuro (p. 74).

## 2.2 SEGUNDA CATEGORÍA: CONCIENCIA DE IDENTIDAD

Paulo Freire, en Lawrence (2008), considera tres fases en el proceso de concientización:

1. “La fase mágica donde el oprimido se encuentra en situación de impotencia y no puede hacer nada para resolver sus problemas.
2. La fase ingenua que es cuando el oprimido reconoce los problemas, pero sólo en términos individuales, no alcanza a entender su alcance social, y tiende a adoptar el comportamiento del opresor contra sus iguales y su familia (agresión horizontal) y contra sí mismo (intrapunición) y,
3. La fase crítica “cuando logra ver con claridad los problemas en función de su comunidad” (p. 57).

Esta última acepción es la lógica bajo la cual se usa el concepto de Conciencia de identidad. Consideramos que la Conciencia de Identidad se construye a partir de la reflexión que se realiza el individuo, utilizando como herramientas la lengua, los saberes y los valores y creencias experimentados. A partir de ella se puede aprender a ser con otros, en términos de dignidad y respeto mutuos.

### 3 LA LENGUA COMO VEHÍCULO DE LA CULTURA

En el caso de la lengua, al ser el medio de comunicación obligado con la familia y comunidad, constituye un elemento fundamental para la construcción de la identidad. Hablar maya o no hablar maya es visto por los entrevistados como un elemento definitorio del lugar que se ocupa en la sociedad yucateca, según se puede observar a partir de las siguientes participaciones:

“Yo considero que también otra forma de discriminar es la forma de hablar, porque a veces las otras personas tienen otro lenguaje y como que su acento es diferente, entonces las otras ... esas personas que vienen de otras comunidades como que se tratan de acercar a las demás, a sus compañeros, y esos no son muy bien aceptados por su manera particular de hablar, si hablan muy aporreado o algo así, como que los discriminan y si por ejemplo, no pronuncian bien las palabras también eso como que hace que las otras personas se alejen y como que ... puedan decir otros seudónimos como naco, huiro o algo así, o indio, podría ser” (Participante 1, GFU Tizimin).

“Y la gente, pues empieza a crearse ese concepto igual, de que porque fue fulanita a la ciudad fue discriminada por su lengua maya y se empieza a perder ya esa cultura y todos se preocupan por aprender a hablar español para que cuando vayan a la ciudad ellos no sean discriminados, como le pasó en este caso a esta muchacha” (Participante 7 GFU Tizimin).

“[Evitar que hablen maya] Es un paradigma que la misma comunidad tiene para que sus hijos se integren correctamente, supuestamente, en la ciudad” (Participante 1 GFU Tizimin).

Puede observarse que existe una clara percepción de las consecuencias de hablar o no hablar la lengua maya y cómo, entre muchos de los miembros de la comunidad maya, se presenta una tendencia a evitar que sus jóvenes aprendan y utilicen la lengua maya, al nivel de un paradigma, como expresa acertadamente el Participante 1.

Un segundo aspecto sería la observación histórica de los logros individuales de los miembros más exitosos. Por ejemplo, el Experto A, con formación a nivel doctoral, amplia experiencia en docencia y en investigación a nivel universitario, reflexiona sobre las decisiones que tomó su abuelo y las repercusiones que tuvieron en la familia:

“Digamos que hay dos brechas importantes las que nacimos en Mérida y los que nacieron en Tekom, sí, ... tenemos diferencias, incluso ellos hablan maya, nosotros ya no, por una prohibición expresa del Abuelo hacia los hijos menores, que ya vivían en Mérida, de que no le hablaran en maya a los nietos más pequeños, porque no era una lengua instrumental para lograr el ascenso social y finalmente el Abuelo quería que las nuevas generaciones hablaran... se castellanizaran para tener más oportunidades de trascendencia social, económica” (Experto A).

Esta decisión del abuelo del Experto A, quien percibió claramente que castellanizarse significaba la posibilidad de una mejoría económica, resultó totalmente correcta:

“De estos dos tíos mayores [quienes nunca aprendieron español], los primos que pertenecen a esa primera generación, aunque fueron y tuvieron la posibilidad de ir a la escuela nunca lograron más que terminar la primaria, algunos primaria incompleta, otros la secundaria y de manera muy rápida se integraron al mercado laboral, a trabajar en diversas labores.

Entre los hijos y los nietos menores [que vinieron a radicar en Mérida] sí lograron cierta diversificación de las labores, algunos fueron meseros, otros se incorporaron como comerciantes, como trabajadores informales, otro de los tíos mayores fue molinero y tuvo a su cargo un molino hasta edad de jubilación. Los que se integraron al sector comercial, ya fuera como empleados o dentro de sus propios negocios, sí permitieron que los de la siguiente generación pudiera ir a la escuela y tener ya profesiones por ejemplo tengo primos que son administradores de empresa o técnicos en turismo, educadoras; y en la familia concretamente entre mis hermanos, tengo otro hermano antropólogo y un hermano que quedó con la preparatoria trunca y se dedica a ser conductor de una combi en transporte colectivo” (Experto A).

El dejar de lado la lengua materna resultó así, instrumental en el proceso de ascenso social de esta familia.

Por otra parte, cabe señalar que esta modalidad de **integración exitosa en lo individual**, a nivel de las comunidades indígenas **no ha resultado tan redituable a nivel comunidad**, pues ha llevado a que pierdan a muchos de sus mejores miembros y a que la permanencia de su cultura se vea amenazada.

Inclusive entre los jóvenes universitarios de origen maya, se percibe una noción de pérdida al reflexionar sobre el hecho de no ser maya hablantes aún y cuando entre los miembros de mayor edad de su grupo de origen, esta lengua siga siendo la de uso habitual, como lo expresan las siguientes reflexiones:

“Yo por ejemplo no sé nada de maya. Sí me hubiera gustado saber, pero como había comentado la compañera 1, por ejemplo, mis abuelos sabían maya pero ellos también tenían ese prejuicio de que si les enseñaban, por ejemplo, a mi Mamá en ese caso, por problemas lingüístico o sea el día de mañana no van a saber pronunciar bien las palabras y todo, y eso fue una limitante.” (Participante 4 GFU Tizimin).

Uno de los aspectos destacados por el Experto A, quien realiza la reflexión desde la perspectiva de su origen maya, al preguntarle el tipo de universitario que sería deseable formar, nos señala lo siguiente:

“... la Universidad tiene que orientar la formación de sus profesionales, orientarlos para la revaloración del uso de la lengua maya tanto en su vida personal como en su vida de carácter profesional, en ciertos ámbitos en los que pueda estar presente de uso más franco. Por ejemplo, en Leyes, los propios antropólogos, los negocios comerciales, o de carácter administrativo” (Experto A).

La Mtra. Vallarta nos indica el valor de la educación formal en el proceso de revalorización de la lengua maya:

“En primer lugar, yo creo que se tendría que dar un valor curricular a la lengua maya, que se contara como una materia o un crédito adicional, algo, o sea quien hable una lengua ... como una lengua extranjera, una lengua nacional, pero que se les de crédito, que vean que les beneficia” (Mtra. Vallarta).

Y los jóvenes universitarios lo manifiestan como un deseo de mantener el vínculo con su cultura de origen y de participar en su mejora o con la conciencia de que al trabajar en Yucatán o en la Península, donde se desempeñarán como profesionistas.

En conclusión, se puede decir que:

1. La lengua es uno de los aspectos definitorios de la Identidad y el vehículo de la cultura, su desaparición implica graves riesgos para la preservación de la riqueza cultural en la región.
2. La tendencia en Yucatán ha sido que los maya hablantes al (o para) mejorar el nivel cultural y socioeconómico dejan de lado su lengua materna. Ha resultado un mecanismo eficaz de integración social y de ascenso socioeconómico en lo individual o en lo familiar. Para la comunidad maya ha resultado en pérdida: sus mejores miembros, los más educados y exitosos no hablan maya.
3. Esta práctica, al ser observada como de resultados eficientes, se ha convertido en un paradigma en la comunidad maya.
4. Para detener el proceso, debe estimularse su preservación mediante un mecanismo social.
5. Los universitarios pueden constituirse en un detonante de este proceso de preservación si enfocan parte de su aprendizaje a estudiar maya. Si bien la UADY ha ofrecido los cursos no ha habido buena respuesta porque en la visualización colectiva hablar maya es sinónimo de atraso y pobreza.

La UADY tiene los instrumentos para llevarlo a cabo, mediante la certificación de las habilidades, cambiando el enfoque y convirtiendo el saber hablar maya en una habilidad reconocida académicamente y motivo de orgullo.

#### 4 SABERES E IDENTIDAD

Como saberes se pueden englobar los conocimientos generados por un determinado grupo social, transmitidos de generación en generación y que resultan necesarios para lograr un buen desempeño en esa sociedad (Gelles y Levine, 1996).

El Experto A, nos refiere que inició un proceso de toma de Conciencia de Identidad a partir de los elementos teóricos aportados por las asignaturas que cursaba durante su carrera, Antropología, y aún al estudiar esta carrera, desde su perspectiva actual, concluye que la formación que recibían resultaba un tanto limitada.



Al avanzar en sus estudios y trasladarse a Michoacán para estudiar la Maestría en Antropología Social, confronta una realidad académica y social distinta:

“Pues yo creo que es la formación de la Maestría en general, pero sobre todo la estancia en Michoacán en donde confrontamos una realidad totalmente distinta, donde la presencia de lo indígena es cotidiana y se da a partir de la región purépecha por excelencia.

Luego retomaba cosas y revaloraba, comentarios que durante mi infancia había escuchado o durante mi adolescencia o parte de mi juventud, que los había considerado aislados pero que estaban presentes, los comencé a revalorar desde la perspectiva de lo étnico o prácticas que yo mismo había tenido y que no había reparado que eran parte de la cultura étnica. Por ejemplo, acompañar a mis tíos o mis abuelos a las ceremonias propiciatorias cuando se daba el momento de castrar las abejas, por ejemplo, y llevaban a un señor que se ponía a rezar y después me decía es el X'men del pueblo, pero el X'men del pueblo era cotidianamente el sacristán de la iglesia y esa fue la primera percepción que tuve, de Don Sebastián yendo a abrir la iglesia todos los días para que la gente del pueblo de Tekom fuera a hacer su rosario y luego verlo como el sacerdote principal en las ceremonias mayas, bendiciendo las bebidas que se hacían de maíz, endulzadas con la miel que se estaba castrando en el momento.”

Este complejo análisis y toda la reflexión que conlleva le proporcionaron al Experto A una clara Conciencia de Identidad. Sin embargo, está claro que es un caso excepcional tanto por la carrera que estudió como por el nivel académico alcanzado.

Los estudiantes de licenciatura no tienen una Conciencia de identidad formada, pero sí acusan rasgos reflexivos. Además, varios de los estudiantes participantes en los grupos focales mencionaron como motivo de discriminación, la educación que se recibe en las poblaciones predominantemente indígenas:

EA: Y se les discrimina entonces por su lugar de origen...

P2: Más bien por la educación que reciben.” (Participante 2 GFCCE)

“Considero que la discriminación toma varias direcciones, se da en nivel económico, preparación educativa y en otros aspectos. Considero que lo que marca la discriminación es la forma de pensar de las personas y la cultura que actualmente vivimos” (Participante 5 GFU Tizimin).

Como se puede observar, los saberes propios de las comunidades, los llamados saberes tradicionales no son vistos como elementos de valor, sino por el contrario son asumidos como elementos de deficiencia frente a otros saberes. Esto nos habla de discriminación y de auto-discriminación por falta de reconocimiento académico dentro del currículo formal.

Al preguntarles a los alumnos participantes en los grupos focales si sería importante que se impartieran cursos sobre sociedad y cultura o sobre temas de interculturalidad, la respuesta fue afirmativa. Si bien no acertaron en definir cuáles serían los temas de interés, los alumnos que estudian carreras en el área de Ciencias

Sociales, pudieron mencionar disciplinas como Antropología o Sociología, así como la importancia de temas como la interculturalidad; pero en ningún caso pudieron definir o delimitar la temática.

El Experto A destacó que uno de los elementos que considera fundamental en su proceso de auto-reflexión fue el haber cursado asignaturas dentro del ámbito de la Antropología, lo cual le permitió visualizar la dimensión social y posteriormente en la Maestría el enfoque étnico. Comparte una interesante reflexión sobre los saberes y temáticas convenientes para desarrollar en los alumnos una visión intercultural.

Los saberes o conocimientos, como parte de la memoria cultural deben ser preservados y difundidos y como elemento instrumental del desarrollo de toda sociedad, deben ser transmitidos en equidad, y la reflexión que de ellos derive se reflejará en la formación integral de los profesionistas. En este sentido es importante el señalamiento de la Mtra. Vallarta:

“Se tendría que rescatar no como una cuestión folklórica, sino como una cuestión científica, como un conocimiento que pueden compartir y transmitir a otros yucatecos que no sean de origen maya.”

Como conclusión de esta parte del análisis, en relación con los saberes se puede señalar que:

1. El conocimiento de la sociedad y la cultura maya ha sido dejado de lado y ello lleva al olvido y la desvalorización. Debe impartirse de manera abierta en el curriculum formal.
2. El incorporar saberes ancestrales al currículo oficial los redimensiona, revaloriza y permite aprovecharlos como parte del saber acumulado por la sociedad yucateca.

La formación de habilidades interculturales pasa por el conocimiento en el ámbito académico formal de las aportaciones de diversos grupos al todo social. Aprender en un plano de igualdad para relacionarse en un contexto de respeto.

## 5 EXPERIENCIAS DE FORMACIÓN

Las experiencias vividas constituyen uno de los elementos más poderosos para el aprendizaje humano, es una de las primeras formas de aprendizaje que utilizan los seres humanos. Actualmente este tipo de aprendizaje está siendo revalorado en el contexto de los aprendizajes significativos y además, según Romero (2010) “el aprendizaje experiencial ofrece una oportunidad única para conectar la teoría y la práctica” (p. 90), y en esa conexión surge la posibilidad generar nuevo conocimiento.

Las experiencias vividas constituyen un elemento de construcción de Identidad; al preguntarle al Experto A, a qué atribuía su interacción social positiva y fluida tanto en la Ciudad de Mérida como en Tekom, una comunidad monolingüe en aquel entonces, señaló dos elementos: la lengua y el hecho de estar plenamente identificados en la comunidad como descendientes de uno de sus miembros.

Pero a la par que su vida transcurría en Mérida, las visitas al pueblo eran algo cotidiano, según relata:

“Recuerdo mucho que las vacaciones de verano las pasamos en el pueblo de mis abuelos, Tekom Yucatán, cerca de Valladolid una comunidad cercana a Chichmilá, y eran monolingües en ese entonces, había pocas personas que hablaban castellano y aún así nos integrábamos bastante bien al mismo” (Experto A).

Estas experiencias cobran otra dimensión al entrar a la Universidad e iniciar un análisis teórico sobre temas que, hasta ese momento, le habían aparecido como vida cotidiana y más aún en la Maestría, que es el momento en que lleva a cabo la toma de Conciencia de Identidad, según sus propias palabras:

“...fue ya en la universidad cuando tenía ciertos elementos sobre la cuestión cultural. Incluso, retornando a la maestría, fue cuando hice muchos más consciente todo esto, o revaloré esos elementos de pertenecer, aunque no plenamente sí indudablemente el tener un origen maya...” (Experto A).

Lo anterior, permite concluir que un aspecto formativo de la Conciencia de identidad serían los estudios comparados, los cuales reforzados con experiencias in situ podrían constituirse como herramientas poderosas de un aprendizaje.

Entre los jóvenes estudiantes de licenciatura que participaron en los grupos focales, se encontró que las ideas expresadas revelan que no existe todavía una Conciencia de Identidad, pero a partir de lo analizado con el Experto A, es posible darse cuenta que la licenciatura parece ser el momento adecuado para incidir de manera efectiva en su proceso de formación de Conciencia de Identidad.

El aspecto experiencial, además de encontrarse ampliamente referido por los expertos como una estrategia educacional adecuada para la era de la información (Romero, 2010; Rimbau Gilabert, Delgado García y Rifà Pous, 2008) aparece para los jóvenes estudiantes como un proceso que les resulta natural y atractivo.

Al preguntarles a los participantes en el Grupo Focal de la Unidad Multidisciplinaria Tizimín ¿cómo combatir la discriminación?, coincidieron en señalar la convivencia y el compartir experiencias como un instrumento adecuado para este fin, como se observa en los siguientes comentarios:

“Haciendo notar las similitudes entre razas, entre personas... haciendo ver que todos somos iguales o... tal no iguales sino muy similares, intentando resaltar las igualdades y no las diferencias, esa sería una manera, hacer conciencia” (GFU Tizimin P9).

“Bueno, yo considero que lo más importante es establecer la convivencia ¿no? y eso se puede hacer a través de... diciendo a las demás personas cuáles serán los beneficios que tendrá el convivir con la otra persona...” (GFU Tizimin P1).

Reflexionar, a partir de elementos teóricos sólidos, experiencias de aprendizaje programadas en campo y contrastarlas con las experiencias formativas propias, podría resultar educativo tanto para los jóvenes de origen maya como para los de origen diverso; a los primero les llevaría a redimensionar su propia cultura y a los segundos les abriría la posibilidad de conocer una parte sustantiva de la cultura yucateca; y todos los estudiantes de licenciatura de la UADY recibirían formación en competencias interculturales. Como señala Gimeno Sacristán (2011):

Quando pensamos en cualquier realidad u objeto, al percibirlos, lo hacemos desde un determinado universo de significados...son huellas que proceden de experiencias relacionadas con la realidad... Pero no percibimos el mundo sólo en función de esquemas mentales y de experiencias pasadas, sino que también lo entendemos en relación con nuestros proyectos y deseos. La utopía sigue dando sentido a la vida y a la educación, y desde ella dotamos de sentido y valoramos al mundo que nos rodea (p.11).

## 6 CONCLUSIONES

A manera de conclusión del análisis de este apartado, puede decirse que:

1. El tener experiencias interculturales combinadas con adquisición de saberes permite generar nuevo conocimiento, que además es de carácter significativo.
2. Los jóvenes consideran el aprendizaje experiencial como una opción muy atractiva.
3. El tener experiencias académicas interculturales promovería la formación de habilidades interculturales entre los jóvenes estudiantes yucatecos.

## REFERENCIAS

Gelles, R. y Levine, A. (1996). *Sociología*. México: Mc Graw Hill.

Gimeno Sacristán, J. (2011). *Educar y convivir en la cultura global*. Madrid: Morata.

Lawrence, L. C. (2008). La concientización de Paulo Freire. *Revista Historia de la Educación Colombiana*, 11(11), 51-72. <https://n9.cl/b2oaak>

Molano, O. L. (2008). Identidad cultural un concepto que evoluciona. *Revista Opera*, 7(1), 69-84. <https://n9.cl/1yt8>

Rimbau Gilabert, E., Delgado García, A. M. y Rifà Pous, H. (2008). El reconocimiento del aprendizaje experiencial: un elemento clave en el EEES. V Jornadas de Innovación Universitaria. España: Universidad Europea de Madrid.

Romero Ariza, M. (2010). El aprendizaje experiencial y las nuevas demandas formativas. *Revista de Antropología Experimental*, 8(10), 89-102.

# CAPÍTULO 5

## LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PROACTIVA EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGIA

Data de aceite: 24/10/2024

**Manuel Alejandro Carlos-Félix**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0009-0002-9203-0604>

**María Dolores Carlos-Sánchez**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0001-8012-270X>

**Jesús Rivas-Gutiérrez<sup>1</sup>**

Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0001-7223-4437>

**María Guadalupe Zamora-Gutiérrez**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0009-0007-2220-9541>

**Martha Patricia Delijorge-González**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0002-1016-7563>

**Martha Patricia de la Rosa-Basurto**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0002-8041-9420>

**José Ricardo Gómez-Bañuelos**

Unidad Académica de Odontología  
Universidad Autónoma de  
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0002-9029-481X>

**RESUMEN:** La educación desde siempre ha tenido funciones y propósitos muy específicos acorde a cada tiempo histórico-social, actualmente se le considera como el medio más adecuado y pertinente para impartir procesos educativos y culturales que puedan transformar la conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente. Las nuevas políticas educativas ambientales emanadas de las reuniones cumbre organizadas por la Organización de las Naciones Unidas han establecido a la ambientalización curricular como la piedra angular para logra una transformación proambiental del sujeto social en las escuelas y con ello posteriormente en sus comunidades sean reproductores de conductas y acciones más amigables con el entorno.

**PALABRAS CLAVE:** Educación. Ambiente. Cultura.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia.

## PROACTIVE ENVIRONMENTAL EDUCATION IN THE FIELD OF DENTISTRY

**ABSTRACT:** Education has always had very specific functions and purposes according to each historical-social time, currently it is considered as the most appropriate and pertinent means to impart educational and cultural processes that can transform the conscience about the importance of environmental care. The new environmental education policies emanating from the summit meetings organized by the United Nations Organization have established the environmentalization of the curriculum as the cornerstone to achieve a pro-environmental transformation of the social subject in schools and with it, later in their communities, they will reproduce behaviors and actions that are friendlier to the environment.

**KEYWORDS:** Education. Environment. Culture.

### 1 EXORDIO

Los procesos educativos tienen diferentes propósitos, uno de ellos es el de generar un ciudadano apto y adaptado socialmente a su entorno social, el segundo implica un proceso de transferencia de la cultura a través de los conocimientos, las prácticas sociales y las experiencias que dentro de ella generan los sujetos a través de la interacción activa, un tercer propósito lo es el otorgar mayores oportunidades laborales y profesionales a los que cursan e interiorizan los contenidos generales y específicos que en cada una de las escuelas y niveles educativos superiores se cursan. Para el desarrollo de este trabajo de opinión-reflexión consideraremos al proceso de educación como el medio de transmisión de la cultura histórica-social construida y construyéndose, bagaje cultural generador de un tipo específico de conciencia, actitudes y acciones (Garrido Trejo, C., 2007). Constitucionalmente en México se le otorga el derecho a cualquier ciudadano mexicano de poder educarse y condiciona al Estado Mexicano a generar y proporcionar las condiciones de infraestructura y estructura en cantidad y calidad necesarias para que todos se puedan matricular en una institución educativa pública (aunque se sabe que en los hechos hay muchas limitaciones y deficiencias para lograr la cobertura total).

Actualmente y debido a los serios y complejos problemas que se han presentado a partir del mal trato y contaminación del medio ambiente y al uso y abuso de los recursos naturales por parte de la economía global y la sociedad en general, se ha vuelto la mirada hacia este proceso como un medio, alternativa y estrategia para el desarrollo de una nueva cultura proambiental que permita reorientar a la sociedad hacia un desarrollo más sustentable y con ello la recuperación ambiental del hábitat regional y mundial antes de que sea demasiado tarde. En el planteamiento educativo que se hará como contexto detonador para el desarrollo del trabajo que se presenta, se partirá desde favorecer

la construcción de una nueva cultura ambiental a partir de los procesos educativos en las instituciones educativas del campo odontológico que sean capaces de generar a través de la educación ambiental una mejor calidad de vida de todos los integrantes de la sociedad, este será el eje central, el cual estará basado en educar para ser un mejor y más consciente cuidado preocupado por el medio ambiente que rodea a todos y a todo, tanto en lo particular como en lo colectivo.

En ese sentido, un ambiente más limpio en las IES de Odontología en México debería de ser una de las principales directrices y políticas a seguir y aplicar, actividades que deberán de ir acorde al planteamiento de una educación ambiental para el desarrollo sustentable de la odontología; con los resultados que se logren, el primer colectivo que se beneficiara será la comunidad odontológica de estas escuelas conformada por docentes, estudiantes, funcionarios y trabajadores, para posteriormente y paulatinamente poder ir extendiendo estos beneficios hacia toda la comunidad del entorno socio-político para que a su vez, algún día todos seamos motores de un cambio cultural referente al uso y cuidado de nuestro entorno ambiental (Beri, C., 2022).

## 2 CONTEXTO ESTRUCTURANTE

Día a día, los hechos y las noticias actuales dan muestra inequívoca de lo importante y fundamental que resulta empezar a tomar en cuenta de forma individual y colectiva el grave problema que representa el deterioro que estamos infringiendo al medio ambiente y su impacto en la vida pública local, regional y nacional a través de la generación consecuencias económicas, sociales, geográficas y políticas, las cuales estamos sufriendo todos por consecuencia solamente del cambio climático y la contaminación ambiental; por ello es necesario y urgente emprender acciones conjuntas eficientes, eficaces y duraderas para transformar la cultura de indiferencia y de pasividad que el grueso de la sociedad y de nuestras autoridades tienen respecto a esta situación y sus consecuencias; hoy más que nunca, la propuesta que enfatizó Thomas Kuhn en 1962 en el campo científico, sobre la ruptura, la crisis y el cambio de paradigma para cambiar conciencias y sociedades, cobra una validez y una pertinencia social incuestionable.

Al plantear y exigir parte de la sociedad una mejor situación ambiental, conlleva necesariamente la ruptura y la construcción de una nueva forma de ver y entender la realidad, visión que permite a su vez una redefinición de lo que debe de ser y entenderse por ambientes limpios y desarrollo sustentable, pues plantear un nuevo cambio sin cambios estructurales de fondo sería una mera simulación y en esa tarea de transformación cultural de la sociedad, las IES y en particular las de odontología pueden y deben marcar



la pauta a seguir y empezar a través de sus procesos educativos la transformación de las prácticas nocivas y devastadoras que de una forma u otra han ido alterando, destruyendo y condenando paulatinamente al medio ambiente. Sin un verdadero cambio cultural y ambiental, donde intervengan desde la comunidad hasta las formas y estructuras superiores de gobierno, no se podrá lograr que nuestro desarrollo sea diferente, se puede hablar y plantear la necesidad del cambio, pero hacerlo de forma enunciativa y propositiva solamente no garantizará nada ni tampoco se incidirá en la tendencia actual del deterioro ambiental el cual cada vez es más severo y menos reversible.

Frente a los pocos y menudos resultados logrados hasta el momento por las acciones realizadas a nivel mundial, que solamente están demostrando que la insistencia en transformar el medio por medio de la tecnología, la inversión y la creación de leyes en lugar de cambiar al hombre, solo exponen lo equivocado de ello, debemos de trabajar conjuntamente para cambiar la conciencia social y superar esa cultura tecnocrática y economicista que todo lo mide y toma decisiones a partir del costo, esfuerzo y disposición política de gobernantes y autoridades y encauzar al hombre hacia nuevos valores, actitudes y acciones que permitan superar y orientar los esfuerzos hacia un desarrollo sustentable. Esta exigencia de atención ambiental es tan marcada, reiterativa y tan importante y fundamental para el desarrollo adecuado y en armonía de nuestro país que en muchos documentos institucionales y políticos se puede encontrar una serie de planteamientos estratégicos para un adecuado desarrollo de la sustentabilidad ambiental en beneficio de un mejor bienestar de la sociedad, en ellos por lo general se hace el planteamiento de la importancia de considerar el medio ambiente como un complemento de la competitividad, el desarrollo económico-social, el combate a la pobreza y la atención al agotamiento de los recursos naturales y ecosistemas que por no ser atendidos y cuidados correctamente están influyendo en la generación de más pobreza y más deterioro ambiental como un círculo vicioso, situación que cómo también se ha visto y demostrado está empezando a genera nuevas patologías y el resurgimiento de viejas enfermedades (Cantú Martínez, P.C., 2014).

Las políticas internacionales que consideren la atención, el cuidado ambiental y el desarrollo sustentable deben de ser atendidas, impulsadas y desarrolladas, para ello el campo educativo odontológico debe conocer las iniciativas planteadas en documentos, acuerdos y normas nacionales e internacionales y asumir las que sean factibles de instrumentar dentro del proceso educativo, entre ellos el Convenio Sobre Diversidad Biológica, Convenio Marco de Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto, Convenio de Estocolmo Sobre Contaminantes Orgánicos

Persistentes, Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono, Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre y los Objetivos del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas, son documentos básicos, los cuales tienen la finalidad de hacer a los países partícipes activos en lo referente al cuidado, protección y restauración del medio ambiente y la búsqueda de un desarrollo sustentable. Al respecto, las Instituciones de Educación Superior a través de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) y la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), deberán de trabajar un plan estratégico para que en las instituciones educativas como las del campo odontológico se den a la tarea de educar a sus futuros profesionistas bajo la lógica y la aspiración de lograr y posteriormente cuidar un entorno sustentable, perfilando políticas y acciones educativas ambientales que a la vez fortalecieran académicamente a estas instituciones. Dichas políticas educativas en las escuelas y facultades, como propuesta a consideración, podrían ser:

- Conformación de un sistema interno-administrativo de información ambiental.
- Difusión en eventos académicos de las experiencias generadas en el trabajo educativo realizado sobre el medio ambiente y su vinculación con el desarrollo sustentable de la odontología.
- Elaboración de un diagnóstico referente a la institución educativa, referente a lo realizado en torno al medio ambiente y su vinculación con el desarrollo sustentable.
- Elaboración de un diagnóstico referente a las acciones de docencia, investigación, difusión y vinculación referente al medio ambiente y el desarrollo sustentable emprendidas por la institución educativa.
- Generar internamente una mayor difusión y comunicación en lo relativo al medio ambiente.
- Valorar el medio ambiente de otras instituciones educativas del campo odontológico en México y el mundo.
- Reconocer, impulsar y recompensar las acciones coordinadas sobre los avances logrados en educación ambiental a través de los procesos educativos.
- Impulsar investigaciones y estudios relacionados a la educación en general y en particular la odontológica vinculadas al medio ambiente y su situación (Chicaiza Córdor M.G. *et al.* 2023).

### 3 MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA EDUCACIÓN ODONTOLÓGICA

Los momentos y tiempos actuales que estamos viviendo son consecuencia de la transformación histórica social de nuestra forma de vivir, la forma como entendemos el disfrute de las comodidades que los grandes descubrimientos científicos, que la innovación y el avance de la tecnología han realizado, están originando que nuestro modo de vida este en crisis, la forma como vemos al cosmos y el orden que hay en él se está alterando, nuestro mundo, los valores, nuestra racionalidad y los vínculos con el progreso han hecho crisis tanto al interior de los sistemas de gobierno como de grandes sectores de la sociedad. Situaciones de falta de alimentos, injusticias, inequidad en la distribución de las riquezas materiales y naturales, intolerancia e incompreensión cultural han estado originando y dejando una huella ecológica demasiado grande, que si no se atiende en lo inmediato puede ser irreversible en la atención a sus consecuencias. El quebranto del medio ambiente natural y social ha originado cambios en el clima mundial consecuencia del deterioro de la capa de ozono que protege al planeta, la extinción de especies, el daño y perdida del ecosistema general y específico en algunas regiones del mundo exigen medidas y acciones urgentes, eficientes y pertinentes. Situaciones como la interrelación entre las diferentes culturas del mundo, conllevan al replanteamiento de cómo vivir en esta aldea global para nuevamente entendernos con ella; para ello la sociedad en su conjunto requiere de nuevos vínculos con el medio ambiente y nuevos referentes necesarios para entender el porqué la necesidad urgente de cambiar nuestros hábitos y costumbres sociales.

Para esta situación, la educación es un elemento y al mismo tiempo factor imprescindible para transformar la cultura negativa que continuamente está deteriorando al mundo y por consecuencia este deterioro esta afectando no solo la estabilidad social sino también la salud individual y colectiva, en esta situación, las instituciones educativas odontológicas (al igual que cualquier otra institución educativa de cualquier nivel), tienen y juegan un papel fundamentales en la construcción de una conciencia ambiental y un desarrollo sustentable más pertinente, saludable y acorde a los nuevos tiempos.

En ese sentido, las Naciones Unidas desde tiempo atrás, han estado trabajando a razón de la preocupación mundial existente debido a la alteración del equilibrio ambiental y sus consecuencia;, por ejemplo en Estocolmo, en 1972 se trabajo y redacto lo que se conoce como el Programa Internacional de Educación Ambiental: PIEA, posteriormente en 1975 en la Reunión de Belgrado, durante el Seminario Internacional de Educación Ambiental, se le reconoce y se le otorga a la educación un papel fundamental en el

cambio de paradigma social ambiental, invitando a la promoción a través de ella para generar el desarrollo en los ciudadanos de nuevas competencias dirigidas a mejorar la calidad del ambiente y con ello, el obtener una mejor calidad de vida para el presente y el futuro. Consecutivamente en 1977 en la reunión de trabajo de los países integrantes de la Organización de las Naciones Unidas, realizado en Tbilisi, URSS, nuevamente se pondera el papel tan importante y trascendental que la educación juega en la tarea de sensibilizar y modificar actitudes y conductas referentes al daño ambiental y por consiguiente al desarrollo sustentable a través de una visión integral y de su inclusión en el curriculum escolar para generar una formación ambiental interdisciplinaria, considerando en ello las necesidades colectivas de la sociedad y la proyección hacia el trabajo y la búsqueda de soluciones concretas a problemas precisos.

En 1985, durante el Primer Seminario sobre Universidad y Medio Ambiente para América Latina y el Caribe, realizado en Bogotá, Colombia, se trabajo el nuevo planteamiento del papel de la educación superior para responder a los complejos problemas ambientales, empezando a perfilar la nueva política educativa mundial denominada ambientalización de la educación. Como resultado de todos estos planteamientos y de esta nueva política mundial ambiental, en 1992 se realiza en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocida como Cumbre para la Tierra, en ella las naciones se propusieron establecer un plan para enfrentar los crecientes problemas ambientales e implementar el desarrollo sustentable, ahí se firmo lo que se conocería posteriormente como “*Agenda 21*”, en donde la educación es nuevamente reconocida como un factor insustituible para fomentar la conciencia ciudadana vinculada al medio ambiente. Entre las más recientes esta la Reunión Cumbre de la Haya, Holanda sobre Cambio Climático en noviembre del 2000, atendiendo cómo determinar los métodos de reducción de la emisión de gases contaminantes, la Cumbre de Bonn, Alemania en julio del 2001 sobre el Cambio Climático, la cual finalizó sin establecer las sanciones y determinar el órgano encargado de la aplicación de las decisiones y establecer las excepciones a ésta, la Cumbre de Marrakech, Marruecos en noviembre del 2001, donde se obtuvo un acuerdo en torno a un texto jurídicamente vinculante que traducía el acuerdo político alcanzado en Bonn, la Cumbre de Johannesburgo, Sudáfrica del 26 agosto al 4 septiembre del 2002 sobre Desarrollo Sostenible, también denominada Río +10, ahí se planteó la iniciativa como objetivo de superar los obstáculos en la ejecución de la Agenda21 aprobado en 1992, en especial las incertidumbres financieras, promover la participación del sector privado y de la sociedad civil e impulsar modelos de desarrollo sustentable, la Cumbre de Buenos

Aires sobre el clima del 6 al 17 de diciembre de 2004, dónde por primera vez se reconoce y se celebra la necesidad de poner en marcha las medidas de adaptación, con agendas específicas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El debate abordó el problema sobre el calentamiento global desde un nuevo horizonte, el de ir más allá de las primeras obligaciones de Kioto, en esta reunió resalto como algo importante lo siguiente, por un lado el gobierno de EE.UU., miembro firmante de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, rehúsa a firmar el Protocolo de Kioto, a cambio pone en marcha un programa propio alternativo para incentivar la contención de emisiones con el que pretenden reducir un 18% de las emisiones registradas a partir de 2000 en 2012, la Cumbre de Montreal, Canadá sobre Cambio Climático, del 28 noviembre al 9 de diciembre de 2005 con una asistencia de 10.000 participantes, entre ellos, los representantes de 156 países que han ratificado el Protocolo de Kioto, el objetivo principal fue buscar implicar también a economías en vías de desarrollo, como China, India, Brasil, México o Sudáfrica, a la vez que se intenta agilizar los mecanismos de desarrollo otras decisiones adoptadas en la cumbre fueron la contabilidad de emisiones que cada país debe llevar o el modo de medir el efecto de absorción de los gases de los bosques y la vegetación, una de las últimas fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, más conocida como COP27 que se celebró en Sharm el Sheikh (Egipto) entre el 6 y el 18 de noviembre del 2022 bajo el lema *Juntos para la implementación* y con la vista puesta en renovar y extender los acuerdos alcanzados en el histórico Acuerdo de París (Documentos de la ONU: Medio Ambiente. s/f).

Debido a lo amplio y diverso que es el trabajar en la búsqueda del desarrollo sustentable, en gran parte de estas reuniones se estableció la importancia de construir marcos de acción comunes para visualizar la problemática tan compleja y que por medio de este marco se pudiera impulsar el desarrollo de acciones para la formación en educación ambiental y generar con ello una cultura orientada a disminuir los riesgos ambientales y garantizar aun más un desarrollo más armónico, equilibrado y responsable. En él se debiera de ponderar el desarrollo y aplicación de programas y proyectos interinstitucionales, así como una mayor y mejor difusión a las investigaciones y sus resultados con la finalidad de compartir conocimientos y experiencias al respecto. En esta sesión se consideraron tres momentos a establecer por parte de las IES dentro de sus planes y programas estratégicos en materia de educación, oferta educativa, investigación y difusión del conocimiento; todo el trabajo que se ha realizado en este tipo de reuniones, conllevan a que el conocimiento nuevo que se genere, deberá de estar orientado a un cambio de paradigma y que todas las acciones educativas deberán de ser consideradas

como relevantes tomando muy en cuenta la complejidad ambiental y la integralidad de las personas quienes deberán de conocer, comprender y transformar la realidad, su realidad, así como también considerar la relación de los egresados con el mercado laboral y el desarrollo de cada sociedad y país.

#### **4 LA AMBIENTALIZACIÓN CURRICULAR EN EL CAMPO DE LA ODONTOLOGÍA**

Otro de los puntos que han sido consecuencia de estas reuniones y que han resultado trascendentales en las políticas de trabajo a nivel mundial, lo ha sido la recomendación de incorporar la docencia, la investigación y la extensión a los planes y programas ambientales que se estén trabajando dentro de las IES, para que a través de ello se empiece un proceso de ambientalización curricular integral y de compromiso público con el medio ambiente y la sustentabilidad a partir de la formación académica y social en todos los sentidos de las comunidades universitarias, así como el lograr la sensibilización y una generación de conciencia gracias a la ampliación de los conocimientos que permitan conocer, comprender y enfrentar el estado de crisis ambiental existente en estos momentos, desarrollar valores que propicien actitudes más positivas y una mejor y mayor promoción de la participación de toda la comunidad universitaria y la vinculación con la sociedad. Debido a lo poco que se ha desarrollado dentro de las IES odontológicas lo referente al cuidado del medio ambiente y el desarrollo sustentable, no existen un consenso general sobre lo que es ambientalización curricular, por lo cual en muchos lugares existe una mala interpretación de ello, esta situación deberá de llevar principalmente a sus autoridades educativas a desarrollar sesiones permanentes en sus instituciones para que sus colectivos analicen el concepto y rescaten sus particularidades, sobre todo en relación a las fortalezas y oportunidades que se les presenten, para que a través de este mismo proceso se adquiera la conciencia y se empiece a desarrollar una cultura más propicia individual y colectiva para resolver problemas actuales y futuros del medio ambiente. Un paso fundamental en esta búsqueda de soluciones a la problemática ambiental lo es la ambientalización curricular o ambientalización de la currícula, considerando para ello su abordaje transversal como contexto de los contenidos odontológicos, permitiendo de esa forma cubrir la totalidad de los contenidos del plan de estudios.

En este gran trabajo, deberemos de iniciar considerando que la ambientalización para los estudios en odontología no es sólo añadir contenidos ambientales a los programas, asignaturas o ciclos, sino que se trata de ajustar el currículo a los principios éticos, conceptuales y metodológicos propios del cuidado del medio ambiente y como un movimiento transformador y reformador, además de que debe de ser contextualizado de

forma coherente, flexible, dinámico, centrado en los procesos educativos, problematizador, globalizado e interdisciplinario, que promueva la equidad, la cooperación y la participación de toda la comunidad escolar estimulando el respeto por la naturaleza y formar una conciencia de la defensa y manejo sustentable de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente. Los conocimientos científicos, tecnológicos y éticos deberán de ser atendidos transversalmente, establecer las relaciones de causa-efecto, orientadas hacia un posicionamiento sustentado en los valores de equidad, solidaridad, cooperación y responsabilidad respecto a la naturaleza, la diversidad biológica y la cultura, cuidando que esto no parezca una cuestión abstracta y alejada a la vida cotidiana, a la realidad profesional y al riesgo a la salud de todos, para aprovechar el total de las potencialidades educativas del entorno (Rivas Gutiérrez, J., Carlos Sánchez, M. D, *et al.*, 2023)

#### 4.1 GESTIÓN AMBIENTAL

Dentro de las principales acciones para el impulso de la ambientalización curricular en las IES de Odontología, la gestión ambiental ocupa un lugar fundamental, pues sin ella poco se podría hacer y lograr pues representa la acción o conjunto de acciones que permiten de forma apropiada y operativa realizar el manejo integral y operacional de lo planeado. Esta actividad incluye dentro de ella misma el concepto de desarrollo sustentable como consecuencia de la aplicación de las estrategias que tendrán como finalidad la organización de las actividades consideradas para lograr como fin una adecuada calidad de vida gracias al control y remisión de los problemas ambientales. Hablar de gestión ambiental en las IES de este campo disciplinar, es responder al cómo hay que hacer las cosas para conseguir lo planeado como productos trasversales para el desarrollo sustentable de la institución, es lograr el equilibrio adecuado y pertinente para un desarrollo económico, crecimiento de la población, un uso racional de los recursos ambientales, incluyendo su protección y conservación; abarca una visión integral más allá del simple manejo ambiental, pues no solo incluye las acciones a ejecutar operativamente sino que también considera las directrices, los lineamientos y las políticas formuladas desde los diversos sectores gubernamentales y no gubernamentales que serán al final los mediadores de todas las acciones consecuencia de la gestión ambiental. Con esa orientación conceptual de ambientalización curricular, la educación odontológica tiene el gran reto y a la vez la posibilidad y la capacidad de incidir en el pensamiento y en la transformación de la cultura ambiental, generando patrones de conducta que mejoren la actividad humana y social en correspondencia con la naturaleza y sus recursos (Valdivia Silva, C.E., 2021).

La ambientalización sin la gestión ambiental o viceversa no podría ser factible y no se podrá pensar en un futuro sustentable de la vida institucional y política, por lo tanto las acciones de gestión se deberán de encaminar a lograr la evaluación, control y prevención del impacto de las actividades académicas de la IES a través de la generación de una cultura más propicia y orientada a la promoción del uso racional y con responsabilidad de los recursos energéticos (combustibles y energía eléctrica) y agua, vigilar el manejo adecuado y certificado de los RPBI, el reciclaje y la reutilización de los recursos materiales cotidianos y de los poco frecuentes, así como la recuperación y generación por medio de la forestación y reforestación de áreas verdes y de esparcimiento. La principal función y responsabilidad de la IES referida es formar profesionales de la medicina bucodental preparados para enfrentar el mundo laboral, pero también coparticipes en el mantenimiento del medio ambiente saludable y coadyuvar en la búsqueda de las soluciones a su deterioro; sus estudiantes y futuros profesionistas son parte y forman el tejido y la cultura social, autogenerando en ello una influencia continua a lo largo de la vida en el medio ambiente y el desarrollo sustentable, de todo esto se puede ver una doble función de estas IES.

## 5 CONCLUSIÓN

Hablar y trabajar en una educación ambiental odontológica es pensar en los beneficios que podría tener una IES de Odontología Sustentable, no solo es pensar en la protección y cuidado del medio ambiente, es aspirar a la generación de una cultura de uso responsable en recursos y servicios ambientales, formando generaciones conscientes del impacto ambiental debido a sus acciones, es pensar en el beneficio de generar ahorros financieros al adoptar medidas eficientes en el uso de servicios, de igual forma se fortalecen los lazos de la comunidad escolar, creando un ambiente óptimo y con relaciones sociales sanas. El enriquecimiento del currículo escolar odontológico, abriría las posibilidades a un panorama más amplio de contenidos, actividades, programas y proyectos; por último, mejoraría la imagen de institución al convertirse en un factor de cambio no sólo en la institución, sino también en la localidad, volviéndose una opción educativa más eficiente, atractiva y de gran impacto positivo para la sociedad, generando en sus estudiantes un aumento de imaginación y creatividad, la obtención de una visión más global que permita apreciar la interconexión entre problemas sociales, ecológicos, económicos, culturales y políticos, se potencia el pensamiento crítico que incita a investigar cómo y por qué suceden las cosas para así poder tomar decisiones propias sobre problemas ambientales complejos, también se incrementa la tolerancia y la comprensión, se alienta un estilo de vida saludable, se fortalecen las comunidades, en consecuencia se protege al medio



ambiente, a los estudiantes, docentes y el resto del personal de la Institución aprende a ser mejor por medio del aprendizaje activo, conocen nuevas técnicas de enseñanza-aprendizaje y se les crea la potencialidad de tener liderazgo estudiantil al permitirles dejar una marca en su escuela y comunidad, todo esto además favorece la imagen de todos al ofrecer una mejor y más pertinente educación para las actuales y futuras generaciones. Toda esta situación permitirá revalorar a la IES la cual dentro de su inherente nobleza proporciona un nuevo campo de aprendizaje al procurar una magnífica oportunidad de trabajo conjuntamente con la comunidad para generar por medio de la educación y la ambientalización de su currícula una nueva cultura proambiental, apoyada desde la gestión ambiental misma.

## BIBLIOGRAFÍA

Beri, C., 2022. Reinventar la educación ambiental en las escuelas primarias de la provincia de Buenos Aires (Argentina): resultados de una indagación exploratoria. *Revista de Educación en Biología*, 25 (1), 20-33. Consultado en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80604654/Rerinventar\\_la\\_EA\\_en\\_las\\_escuelas\\_primarias\\_pcia\\_Bs\\_As\\_Beri\\_2022-libre.pdf?1644607440=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DReinventar\\_la\\_educacion\\_ambiental\\_en\\_las.pdf&Expires=1729028612&Signature=d5FbN9Fy62mInCGiizE6OJBhidWehLceZbzW35R-A2DgD-SsWVMI6efeZD8ayx454b9okIOBQ6r6-xsXja8uBwNBA0QXuyciZnGkTxeX8QWVo7PODW7WLizDFuZOGbqnHZG7DWqk0HuJ0491jH4dD7CRZgZZGHwPipdSE3i2tFowjAesUbcKix8VuGk90b6Gd0toXuRXeKbsIRSBVOu4hVuZh9icTD3xtcY6SUBj5osSXXKpNkAgBoOs-F7IQHSisJxl-mJ-LgNRBB3u3mT-MOzxPk7P03enLtbL9eG6qFWT93t0tq-q-13-WU-ivtM-UD2gLu2SoF3-ASlycUWPro2w\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80604654/Rerinventar_la_EA_en_las_escuelas_primarias_pcia_Bs_As_Beri_2022-libre.pdf?1644607440=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DReinventar_la_educacion_ambiental_en_las.pdf&Expires=1729028612&Signature=d5FbN9Fy62mInCGiizE6OJBhidWehLceZbzW35R-A2DgD-SsWVMI6efeZD8ayx454b9okIOBQ6r6-xsXja8uBwNBA0QXuyciZnGkTxeX8QWVo7PODW7WLizDFuZOGbqnHZG7DWqk0HuJ0491jH4dD7CRZgZZGHwPipdSE3i2tFowjAesUbcKix8VuGk90b6Gd0toXuRXeKbsIRSBVOu4hVuZh9icTD3xtcY6SUBj5osSXXKpNkAgBoOs-F7IQHSisJxl-mJ-LgNRBB3u3mT-MOzxPk7P03enLtbL9eG6qFWT93t0tq-q-13-WU-ivtM-UD2gLu2SoF3-ASlycUWPro2w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Cantú Martínez, P.C., 2014. Educación ambiental y la escuela como espacio educativo para la promoción de la sustentabilidad. *Revista Electrónica Educare*, 18(3), 39-52. Retrieved October 15, 2024, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-42582014000300003&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582014000300003&lng=en&tlng=es).

Chicaiza Córdor M.G. *et al.* 2023. Políticas ambientales: responsabilidad educativa para el cuidado de la naturaleza, Universidad del Zulia (LUZ) *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)* Año 28 No. 104, 2023, 1473-1485 octubre-diciembre. Consultado en: <file:///C:/Users/Downloads/Dialnet-PoliticasAmbientales-9142783.pdf>

Documentos de la ONU: Medio Ambiente. s/f. Conferencias e informes sobre medio ambiente. Consultado en: <https://research.un.org/es/docs/environment/conferences>.

Garrido Trejo, C., 2007. La educación desde la teoría del capital humano y el otro. *Educere*, 11(36), 73-80. Consultado en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-49102007000100010&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102007000100010&lng=es&tlng=es).

Rivas Gutiérrez, J., Carlos Sánchez, M. D, García Araujo, E.A., Mariscal Castañeda, F.J. 2023. La odontología verde, *Revista ADM*, 80 (5): 267-273. Consultado en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2023/od2335e.pdf>

Valdivia Silva, C.E., 2021. Competencias en bioseguridad y la gestión de la prevención del riesgo ocupacional biológico en los estudiantes del tercer, cuarto y quinto año de la escuela académico profesional de odontología de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- TACNA-2019. Tesis, Universidad Privada de TACNA Escuela de Postgrado Maestría en Docencia Universitaria y Gestión Educativa. Consultada en: <https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/1884/Valdivia-Silva-Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# CAPÍTULO 6

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

Data de submissão: 15/09/2024

Data de aceite: 03/10/2024

### José Luis Gutiérrez Liñán

Dr. en Educación  
Profesor de Tiempo Completo  
Centro Universitario UAEM  
Zumpango, México  
<https://orcid.org/0000-0003-3589-2750>

### Carmen Aurora Niembro Gaona

Dra. En Educación  
Profesora de Tiempo Completo  
Centro Universitario UAEM  
Zumpango, México  
<https://orcid.org/0009-0008-2582-7692>

### Alfredo Medina García

Maestría en Educación  
Profesor de Tiempo Completo  
Facultad de Ciencias Agrícolas  
UAE Mex

### Jorge Eduardo Zarur Cortés

Dr. en C.y A.D.  
Profesor de Tiempo Completo  
Centro Universitario UAEM  
Zumpango, México  
<https://orcid.org/0000-0001-8349-6993>

**RESUMEN:** El Centro Universitario UAEM Zumpango es un organismo académico de la

Universidad Autónoma del Estado de México donde se imparte la licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción desde 1987 y al ser único espacio donde se oferta una carrera en el área de las Ciencias Agropecuarias, está el compromiso de ofrecer una educación de calidad, que se ve reflejada en la formación de recursos humanos que den respuesta con soluciones inmediatas a las problemáticas que se presentan en el campo mexicano y esto se logra con la formación prácticas donde vinculan los conocimientos adquiridos en sus aulas y llevarlos al campo de acción, les permite el desarrollo de habilidades y destrezas que demanda la misma profesión, donde los métodos de nivel teórico y empíricos que les permita organizar, ejecutar, dirigir, controlar y evaluar los procesos tecnológicos que se realizan en las unidades de producción y de esta manera tener una formación integral.

**PALABRAS CLAVE:** Formación. Ingeniero. Desarrollo. Prácticas.

### 1 INTRODUCCIÓN

El Centro Universitario UAEM Zumpango, es un espacio académico de la Universidad Autónoma del Estado de México, su origen data desde 1985 y surgió gracias al programa del Gobierno Estatal que junto con la Universidad que era descentralizar los estudios profesionales y de esta manera surgen las Unidades Académicas cuyo como

propósito era ofertar estudios de Licenciatura con una excelente calidad educativa, en los principales puntos de desarrollo económico del Estado de México, como Amecameca, Atlacomulco Temascaltepec y Zumpango, para el caso de la Unidad Académica Profesional Zumpango, que inicio sus trabajos en el año de 1987, con cuatro Licenciaturas, Ingeniero Agrónomo en Producción, Licenciado en Turismo, Enfermería, Diseños industrial y Ciencias de la Comunicación y en la década de los dos mil cambia a Centro Universitario UAEM Zumpango y actualmente se ofertan 11 programas educativos entre los cuales encontramos dos ingenierías que son Ingeniero Agrónomo en Producción, Ingeniero en Computación, y 9 licenciaturas como son Derecho, Ciencias Políticas y Administración Pública, Contaduría, Administración, Turismo, Sociología, Diseño Industrial, Enfermería, Psicología. Desde sus orígenes como una institución académica tiene la misión de ser una buena oferta educativa de excelente calidad en la parte Noroeste del Estado de México, así mismo es la única institución a nivel estatal que oferta la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción en toda la Universidad y al ser uno espacio que oferta un programa educativo en las Ciencias Agropecuarias tiene la prioridad de formar recursos humanos que tengan los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión, por lo que se busca la vinculación de la teoría con la práctica, ésta articulación permite reflexionar sobre lo que se trata de hacer y como dar respuestas favorables a las unidades de producción y desde el punto de vista permitirá a los estudiantes dominar los conocimientos que corresponde a una formación integral, y logre asociar dinámicamente la teoría y la práctica, para el desarrollo de competencias profesionales.

Por lo anterior el presente trabajo tiene como propósito evaluar el uso de las prácticas de campo en la formación de los Ingenieros Agrónomos en Producción, durante su formación académica y de acuerdo con las directrices de sus Programa de estudios y a los contenidos temáticos de sus Unidades de Aprendizaje y cumpliendo con el perfil de Egreso de la Licenciatura que menciona Adquirir las bases para la construcción de sistemas de producción en ambientes ideales, incrementar la eficiencia de los recursos agua-suelo en la producción de básicos, Determinar y manejar los componentes esenciales de la nutrición, diagnosticar los factores bióticos y abióticos limitantes de la producción, coadyuvar al uso racional de los recursos naturales y mejorar la calidad de los sistemas de producción, asesorar en el mejoramiento genético tanto vegetal como animal, manejar de forma eficiente los productos terminales de los sistemas de producción, participación en esquemas de vinculación y organización entre los agentes responsables de la planeación, organización y comercialización de los productos agropecuarios, entre otros.

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Promover la generación de conocimientos de una manera integral a los alumnos de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, en el Centro Universitario UAEM Zumpango, a partir de la realización de prácticas de campo en sus unidades de aprendizaje.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE DOCENCIA

- Establecer módulos de producción a condiciones de cielo abierto y en cubiertas plásticas que les permita a los alumnos tener una integración y retroalimentación de los conocimientos adquiridos para dar respuesta a un problema dado.
- Destacar la integración y generación de conocimientos a partir de una situación real (Unidad de producción), de sus Unidades de Aprendizaje básicas en la formación del Ingeniero Agrónomo en Producción.
- Establecimiento de Parcelas demostrativas es de carácter académico.

## 1.3 METAS

- Realizar el establecimiento de una parcela demostrativa, donde los profesores puedan diseñar, establecer, manejar el módulo de enseñanza-aprendizaje.
- Capacitar a los estudiantes para el establecimiento de una parcela demostrativa, con la finalidad de integrar la teoría con la práctica y así generar su propio conocimiento y desarrollo de habilidades de la profesión.

## 2 ANTECEDENTES

En México la agronomía surgió de un proyecto educativo, se legitimó profesionalmente dentro de un proyecto político nacionalista después de la Revolución, se consolidó durante la revolución verde y entro en crisis como parte del aparato burocrático del Estado a inicios de la década de los 80's. A inicios de la década de los 90's hubo cambios importantes de carácter normativo e institucional, afectaron los espacios profesionales de los agrónomos, tanto los tradicionales como los emergentes. Estos cambios han puesto en evidencia los conflictos entre el sector agropecuario y las instituciones de Educación Agrícola superior por cumplir con las exigencias de un profesional que dé respuesta a los problemas del sector.

Por lo anterior las Instituciones de Educación Agrícola Superior ofrecen una educación de calidad, cuyo objetivo sea formar recursos humanos en las Ciencias Agropecuarias, cuyo perfil de egreso sea dar respuesta a la problemática o necesidades del campo laboral con la formación de profesionales que tengan, los conocimientos, habilidades, actitudes, destrezas y de forma general las características que permitan desarrollar digna y responsablemente su profesión, por lo que todo trabajo de modificación, actualización o reestructuración del Programa Educativo va encaminado a estas características, con ello se deben ofrecer unidades de aprendizaje con contenidos, que generen conocimientos y desarrollo de habilidades que les permita dar respuesta a las necesidades y los avances en las ciencia y tecnología y con ello tomar decisiones y resolver los problemas que se presenten en su campo laboral.

La naturaleza de la Ciencias Agropecuarias, donde están insertadas las licenciaturas que forman Ingenieros Agrónomos y Médicos Veterinarios Zootecnistas, se requiere llevar actividades fuera del aula, las cuáles son herramienta de gran utilidad a los docentes responsables de las unidades de aprendizaje que soportan la base principal de los conocimientos necesarios para la profesión y más aún en el desarrollo de las habilidades y destrezas que requiere todo profesional de estas ciencias, por lo que hace necesario comprender que son las prácticas de campo y cuáles son sus características y su finalidad para la construcción y aplicación de conocimientos para la resolución de casos reales.

Por lo anterior es necesario definir las prácticas de campo como todas aquellas actividades extra-aulas que brindan la oportunidad de ampliar los conocimientos y habilidades adquiridos en el salón de clase. Su objetivo principal es complementar, a través del contacto con la realidad, la formación teórica que reciben los alumnos, se persigue la obtención de aprendizajes significativos y la aplicación de los conocimientos adquiridos en el salón de clases.

Ramírez y Serrano en 1989, mencionan que las prácticas deben ser como una fuente de conocimiento, que no depende exclusivamente de la teoría pues no es solamente una forma de aplicación del conocimiento, por lo tanto, no puede estar en un nivel secundario, tiene que ver con valores intelectuales académicos de los docentes y de los alumnos. Donde el estudiante deberá realizar la extracción de la experiencia práctica un conocimiento de la realidad de sus unidades de producción, que la teoría no le puede proporcionar en su formación académica durante su estancia en los estudios profesionales. La principal aportación de la salida de campo es que permite al alumnado adquirir un aprendizaje significativo en el que el principal elemento del proceso

de enseñanza- aprendizaje es la construcción de significados. La persona aprende un concepto, un fenómeno, un procedimiento, un comportamiento, etc.

Por lo que en la actualidad la formación del Ingeniero Agrónomo sin importar su especialidad debe estar enfocada a partir de estrategias de aprendizaje, como un recurso que permitirá una resolución de un caso real, donde tendrá la posibilidad de realizar una integración de su conocimiento adquirido previamente, al nuevo y construir un nuevo conocimiento, que le dará las herramientas necesarias para poder dar respuesta al problema que se le presenta. Al considerar la parcela demostrativa como una estrategia de aprendizaje ha permitido que nuestros estudiantes desarrollen habilidades y destrezas, que en su momento no hubieran podido desarrollar.

Para que tenga éxito este tipo de actividades extra-aula es necesario considerar lo siguiente contempla dos enfoques de suma importancia: el estudio físico, donde el alumno se inicia en el deseo de la investigación por la naturaleza; y el estudio socioeconómico que pone en contacto directo al estudiante con las comunidades, con el fin de conocer sus actividades económicas, organización.

Las prácticas de campo según Torres, Rojas y Montenegro en el 2016 que citan a Amórtegui y colaboradores en 2010, que aportan aspectos importantes a los estudiantes como:

1. Relación entre la teoría y la práctica
2. Aprendizaje por investigación
3. Evaluar el trabajo práctico
4. Generar una visión de la Ciencia
5. Reflexionar sobre las herramientas pedagógicas y didácticas en la enseñanza de las ciencias
6. Propiciar la capacidad de criticar, cuestionar y refutar.

Por lo anterior esto permite destacar aspectos importantes en la acción educativa en las Ciencias Agropecuarias buscar la articulación de los saberes disciplinares y su incidencia o aportación en el ejercicio de la profesión, que es la conceptualización del método científico, por lo que es necesario evaluar en los comités curriculares las modificaciones necesarias en la formación de los futuros Ingenieros Agrónomos en Producción para dar posibles soluciones a la gran problemática que tiene el campo mexicano.

La licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción tienen un gran desafío que es fortalecer la vinculación con el campo laboral, el cual marca la pauta hacia el perfil de egreso, donde sus egresados deben tener una visión multidisciplinaria y su formación cuyo perfil se orienta no solo a obtener elementos y herramientas que incidan en la parte

productiva de la agricultura, lo cual es básico e importante, sino en la formación integral que comprende conocimientos y habilidades en el ámbito de los Agronegocios, y aptitudes para los procesos de planeación, implementación y administración agroempresarial, actitudes para dar y mantener la competitividad y la vinculación al mercado de manera favorable, dando un Ingeniero agrónomo proactivo, propositivo, creativo y comprometido con lo que hace y con quién lo hace [9].

El Centro Universitario UAEM Zumpango al ser el único espacio académico de la Universidad Autónoma del Estado de México que oferta este programa educativo tiene la misión de lograr una educación de calidad, con cobertura y equidad entre los sectores de la sociedad, así como entre los ámbitos rural y urbano, sigue siendo un anhelo y una promesa de todo país. Evidentemente todas las instituciones de educación agrícola no son responsables de la crisis ni tampoco es su responsabilidad resolverla en todos sus componentes, ya que tanto la educación como la suerte del campo están sujetas fuertemente a un modelo económico social y a un proyecto de país. Les corresponde a las instituciones educativas realizar una crítica a ese modelo y proyecto, crítica que se ejerce a través de propuestas y defensa de estas [9].

Si conjugamos la actividad de la práctica de campo con los métodos de extensión son herramientas para transmitir conocimiento y habilidades, que ayudan a introducir los resultados de la investigación moderna a las prácticas agrícolas con el objeto de elevar la productividad del sector rural [11]. Los interesados, al observar y escuchar aprenden fácilmente dicho conocimiento. Además, los métodos de extensión estimulan a la acción, contribuyendo al manejo de conocimiento y la adopción de tecnología [1,6,8].

La parcela demostrativa es una actividad que se realiza en el proceso de transferencia y adopción de las opciones tecnológicas y constituye el método de enseñanza aprendizaje más participativo y relevante que garantiza una cobertura mayor en el número de personas a capacitar y áreas a tecnificar [5], puede considerarse como una pieza importante en las prácticas de campo, por lo que debe cumplir con los siguientes puntos [7]:

- a) Capacitar a las personas en la aplicación de tecnología, bajo el sistema de aprender-haciendo.
- b) Fortalecer la amistad entre las personas a través del trabajo colectivo.
- c) Practicar uno o varios sistemas de manejo que sean congruentes a su situación económica y a las condiciones de cambio que puedan seguir aplicando en el resto de sus plantaciones.

Al utilizar la actividad de prácticas de campo como un método de enseñanza e investigación (componente científico), significa la aporta de recursos recursos para su operación y seguimiento (componente de financiamiento) para lograr el objetivo principal para lograr la integración de la teoría con la práctica, y así mismo lograra un perfil innovador hacia los productores cunado este realizando sus estancias académicas.

Podemos mencionar que las prácticas de campo mejoran la relación del profesor-alumno y de acuerdo con Brusi en 1992 menciona que los métodos integrarían la relación entre los objetivos, contenidos y experiencias de aprendizaje y, en definitiva, marcan la relación profesor y alumnos en la enseñanza.

En lo referido a las prácticas de campo, tan características en la Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias no han dejado claros resultados en la formación del nuevo Ingeniero Agrónomo en Producción, pero siempre existirá la interrogante ¿por qué hacemos prácticas de campo en la enseñanza?, en el sentido de plantearnos si existen razones sólidas que justifiquen el gran esfuerzo que suponen estas salidas. Pero es un gran apoyo para los docentes estas herramientas auxiliares a sus actividades de enseñanza y como estrategias de aprendizaje para desarrollar los contenidos temáticos de sus Unidades de aprendizaje, le permitirá tener mejor aprovechamiento académico de sus alumnos y les facilitarán a sus discentes la construcción de sus conocimientos de una manera integral y proactiva [14].

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

En la Universidad Autónoma del Estado de México, con sede en el Centro Universitario UAEM Zumpango, ubicado en el Municipio de Zumpango de Ocampo, Estado de México, desde 1987, se oferta la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción, y fue hasta 2004 se implementó planes y programas bajo el enfoque de competencias y actualmente se está realizando la actualización de su programa educativo, con la intención de cumplir con las necesidades actuales de la sociedad desde un enfoque de sustentabilidad y así mismo seguir disminuyen los índices de reprobación, de deserción, así como elevar la tasa de eficiencia terminal, A los alumnos se le integraron en equipos de trabajo, mismos que eligieron un cultivo de interés en común y se establecieron en campo módulos de producción con la finalidad de reconocer la interacción de los factores involucrados en el crecimiento y desarrollo de dicho cultivo, y al mismo tiempo permitió el conocimiento y el dominio de las metodologías y técnicas utilizadas en el área de las Ciencias Agrícolas, con la intención de dar una respuesta a la problemática actual de cada cultivo elegido y ser así generar un conocimiento integral en el estudiante, que le permitirá resolver este caso real de la mejor manera.



## 4 RESULTADOS OBTENIDOS HASTA EL MOMENTO

Con el establecimiento de los módulos de producción tanto a cielo abierto como en invernaderos, se logró interactuar los contenidos temáticos de sus unidades de aprendizaje básicas en su formación como Ingenieros Agrónomos en Producción, donde el discente obtuvo un desarrollo integral para la resolución de un caso real de la actividad de su profesión, e interpretar desde el punto de vista agronómico los resultados, apreciaron la importancia de conocer la fisiología de la planta, la importancia de las láminas de riego y cálculo de la cantidad de agua necesaria en cada etapa de desarrollo fenológico del cultivo establecido, así como el manejo del agua, reconocer las enfermedades y plagas y su manera de control al seleccionar el insecticida y bajo este modelo de enseñanza-aprendizaje de utilizar la Prácticas de campo como una estrategia de enseñanza aprendizaje y demostró que permite una generación dinámica de conocimientos en campo.

Figura 1. Establecimiento de Jitomate en invernadero.



Fig. 2. Siembra del Cultivo de papa en el CUUAEM Zumpango.



Fig. 3. Tapado de la semilla de papa.



Fig. 4. Labores culturales en papa.



Fig. 5. Labores de Escarda en el cultivo de papa.



Fig. 6. Fertilización en Triticali.



## 5 CONCLUSIONES

- Se destaca la importancia de generar espacios productivos a partir de las prácticas de campo donde los estudiantes los conocimientos adquiridos en el aula para la resolución de problemáticas reales y con el acompañamiento de docentes en el marco de un proyecto integral.
- La particularidad de considerar las prácticas de campo como una estrategia didáctica en la formación de Ingenieros Agrónomo en Producción genera un espacio productivo con fines docentes y de vinculación.
- Permite trabajo en equipo y aprecia la valoración de la participación en un medio productivo y del desempeño de habilidades donde resulta necesario la integración de los conceptos teóricos y prácticos para la resolución de casos.
- Con el uso de la prácticas de campo como estrategia didáctica, permite ser una herramienta motivadora para la formación de los futuros Ingenieros Agrónomo y generar una integración del conocimiento para el desarrollo de habilidades y destrezas a fin a la profesión.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Afzal S. K. 1995. Wheat growers exposure and adoptability of new technologies through extensión service in FR Bannu. Tesis de Maestría. NWFP Agric. Univ. Peshawar, Pakistán. In:Khan, A.; Pervaiz, N.M.U.; Khan, S.A. and Nigar, S. 2009. Effectiveness of demonstration plots as extension method adopted by AKRSP for agricultural techonology dissemination in District Chitral Sarhad J. Agric. 25(2):313-319.

[2] Brusi, D. (1992). Reflexiones en tor no a la didáctica de las salidas al campo en Geología (II): Aspectos metodológicos. VII Simposio Nacional sobre Enseñanza de la Geología: 391- 407. Santiago de Compostela.

[3] Brouwer H.; Hiemstra W.; Vugt S. Van and Walters H: 2013. Analysing stakeholder power dynamics in multi-stakeholder processes: insights of practice from Africa and Asia. *Knowledge Manag. Develop. J.* 9(3):11-31.

[4] Castro R. V.M. 2002. Manual para establecer parcelas demostrativas agrícolas y pecuarias. SAGARPA-INIFAP, Publicación Especial Número 19, Durango, Dgo. México.

[5] González J.M.2004. Evaluación Técnica Ambiental del Plante. Memorias del Seminario Internacional “La política de Desarrollo Alternativo y su Modelo Institucional – Retos y Desafíos- “, Celebrado los días 7 y 8 de septiembre. Editores Restrepo T. L.F; Zorro S. C.; Salazar R. J.C.; Montoya L. D.2004. Bogotá, D.C. Colombia.

[6] Khan A.; Pervaiz N. M.U.; Khan S.A. and Nigar S 2009. Effectiveness of demonstration plots as extension method adopted by AKRSP for agricultural technology dissemination in District Chitral. *Sarhad J. agric.* 25(2):313-319.

[7] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).1990. Seminario Regional Sobre Resultados de Proyecto Generación, Adaptación y Transferencia de Tecnología en café para pequeños y Medianos Productores, Antigua, Guatemala, Con Folio 00004185.

[8] Martínez M. y Sagastume N. 2005. La transferencia de tecnologías de manejo sostenible de suelos y agua: métodos y medios. Tomo II. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Primera edición. PASOLAC. Tegucigalpa, Honduras. 60p.

[9] Niembro G. C.A; Navarro S.L. 2013. Tendencias Actuales de la Formación del Ingeniero Agrónomo. Capítulo del Libro. Profesionalización y Campo Laboral de la Educación Agrícola de Gutiérrez L. J.L; Niembro G. C. 2013. Editorial Parentalia ediciones, México. ISBN 978-607-96160-2-1.

[10] Obreque F. 2010. Extensión para la innovación: aprendizaje a partir de la experiencia de la función para la innovación agraria. Experiencias innovadoras de extensión rural en América Latina: documentos presentados en la reunión Latinoamericana sobre servicios de asesoría rural. Santiago de Chile, Chile, 31-37p.

[11] Pedraza R. D.M.1992. Diagnóstico, planeación y desarrollo de una granja didáctica agropecuaria. Universidad la Salle, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias.

[12] Ramírez D. M.; Serrano Z. C. 1989. La práctica de campo, medio de aprendizaje profesional. ESC. Unidad de Trabajo Social. Núm 2. Ed universidad Complutense. Madrid.

[13] Rendón M. R, Roldán S. E.; Cruz C. J.G.; Díaz J. J. Criterios para la identificación de módulos demostrativos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Núm. 15, junio- agosto, pp 2939-2948. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias, Estado de México.

[14] Quintana M. R.M., Espinoza P.J.R., Gutiérrez O.A.C. Granja didáctica universitaria, Educación ambiental y producción animal sustentable para toda la vida. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo*. Vol.4, Núm.7 Julio-diciembre 2013. ISSN 2007-7467.

[15] Torres M. N. Y.; Rojas S. Y.X.; Montenegro C.C. A. 2016. El sentido de las prácticas de campo y de observación en un programa de formación docente. *Revista Tecnó. Episteme y Didaxis*. TED, Número Extraordinario. ISSN Impreso 0121-3814, ISSN Web 2323-0126. Bogotá.

[16] SAGARPA 2013. Reglas de Operación. [http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/oaxaca/documents/2013/ro\\_sagarpa%202013.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/delegaciones/oaxaca/documents/2013/ro_sagarpa%202013.pdf).

[17] <https://www.centrobanamex.com.mx/cual-es-la-funcion-de-las-practicas-de-campo>

# CAPÍTULO 7

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

Data de submissão: 03/09/2024

Data de aceite: 20/09/2024

### Edgar Iván González Jiménez

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales Agrícolas y  
Pecuarias (INIFAP)  
Campo Experimental Tecomán  
Colima México

<https://orcid.org/0000-0002-3095-6869>

### Lily Xóchitl Zelaya Molina

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales Agrícolas y  
Pecuarias (INIFAP)  
Centro Nacional de  
Recursos Genéticos (CNRG)  
Jalisco, México

<https://orcid.org/0000-0002-3474-3289>

### Saúl Pardo Melgarejo

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales Agrícolas y  
Pecuarias (INIFAP)  
Campo Experimental  
Valle de Apatzingán  
Michoacán, México

<https://orcid.org/0000-0003-0138-1995>

### José Herrera Camacho

Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo  
Instituto de Investigaciones  
Agropecuarias y Forestales  
Morelia, Michoacán, México

<https://orcid.org/0000-0002-0207-3313>

### Marcelino Álvarez Silva

Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales Agrícolas y  
Pecuarias (INIFAP)  
Campo Experimental Tecomán  
Colima México

### Carlos Alberto Ramos Jonapa

Colegio de Postgraduados  
Departamento de Ganadería  
Campus Montecillos

Texcoco Estado De México, México

<https://orcid.org/0009-0001-5752-058X>

**RESUMEN:** *Campylobacter fetus* actualmente es reconocida dentro de las 24 especies de *Campylobacter*, es un bacilo gramnegativo curvo o en forma de espiral, que crece entre los 25° C y los 37° C esta bacteria posee movilidad gracias a la presencia de un flagelo polar. El ganado bovino es el reservorio principal de este microorganismo, en donde coloniza el tracto intestinal y el genital, provocando abortos en las hembras preñadas. Este microorganismo también se ha aislado en aves de corral,

caballos y cerdos. La campylobacteriosis es una enfermedad zoonótica, transmitiéndose al humano a través de alimentos de origen animal mal cocinados. El cultivo bacteriano en agar es la forma actual de diagnóstico, un método tardado y con baja especificidad, es necesario implementar nuevas formas de diagnóstico más sensibles y específicas como las pruebas de PCR. El objetivo del presente estudio fue estandarizar un método de diagnóstico por PCR, para esto, se seleccionaron genes específicos de *Campylobacter fetus* como el *gltx1* y *16S*, se diseñaron sondas especie específicas para el gen *gltx1* fueron el Fw 5'-3' (GCCGCAAAAACAGCAGGTAAGC), Rv 5'-3' (TTTCAAGCGAACGGCTGCTGG) y Probe 5'-3' (GTGATGACGATGTTTTAAGCAATCCCC); y para el gen *16S* fueron el Fw 5'-3' (CGAAGAACCTTACCTGGGCTTG), Rv 5'-3' (GACAGCCGTGCAGCACCTGT) y Probe 5'-3' (ACTTTCTAGCAAGCTAGCACTCTCTTATCT). Con el diseño de las sondas se estandarizó una prueba de PCR punto final y una prueba de qPCR, esta metodología ofrece mayor sensibilidad y especificidad para el correcto diagnóstico de *Campylobacter fetus*.

**PALABRAS CLAVE:** PCR. *Campylobacter*. Patógenos. Bovinos.

## DEVELOPMENT OF MOLECULAR TECHNIQUES BASED ON PCR FOR THE DETECTION OF *CAMPYLOBACTER FETUS*

**ABSTRACT:** *Campylobacter fetus* is currently recognized among the 24 species of *Campylobacter*. It is a curved or spiral-shaped gram-negative bacillus that grows between 25° C and 37° C. This bacterium is mobile thanks to the presence of a polar flagellum. Cattle are the main reservoir of this microorganism, where it colonizes the intestinal and genital tracts, causing abortions in pregnant females. This microorganism has also been isolated in poultry, horses and pigs. Campylobacteriosis is a zoonotic disease, transmitted to humans through poorly cooked food of animal origin. Bacterial culture on agar is the current form of diagnosis, a slow method with low specificity. It is necessary to implement new, more sensitive and specific forms of diagnosis such as PCR tests. The aim of this study was to standardize a PCR diagnostic method. For this, *Campylobacter fetus*-specific genes such as *gltx1* and *16S* were selected. Species-specific probes were designed for the *gltx1* gene: Fw 5'-3' (GCCGCAAAAACAGCAGGTAAGC), Rv 5'-3' (TTTCAAGCGAACGGCTGCTGG) and Probe 5'-3' (GTGATGACGAGTTTTAAGCAATCCCC); and for the *16S* gene: Fw 5'-3' (CGAAGAACCTTACCTGGGCTTG), Rv 5'-3' (GACAGCCGTGCAGCACCTGT) and Probe 5'-3' (ACTTTCTAGCAAGCTAGCACTCTCTTATCT). With the design of the probes, an end-point PCR test and a qPCR test were standardized. This methodology offers greater sensitivity and specificity for the correct diagnosis of *Campylobacter fetus*.

**KEYWORDS:** PCR. *Campylobacter*. Pathogens. Bovine.

### 1 INTRODUCCION

La campylobacteriosis genital bovina causada por *Campylobacter fetus*, enfermedad venérea de los bovinos con distribución mundial, causante de grandes pérdidas económicas en la ganadería, se aloja en el tracto reproductivo de hembras y machos. Los factores de riesgo suelen ser la monta directa y el no cumplimiento de las medidas de bioseguridad. Esta enfermedad es asintomática en los sementales bovinos, pero en las hembras ocasiona disminución en la tasa de preñez, abortos y muerte embrionaria.

El aislamiento de la bacteria es el método más utilizado para la identificación de las subespecies de *Campylobacter fetus*, pero esta técnica conlleva tiempo, trabajo y riesgo, debido a sus altos requerimientos y lento desarrollo. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR), es una técnica que actualmente mejora su identificación, ya que posee un alto porcentaje de especificidad y sensibilidad, optimizando la evaluación de poblaciones bovinas con alta densidad (Molina y Cruz 2017).

## 2 ANTECEDENTES

Las técnicas en biología molecular se basan en el aislamiento y extracción del ADN bacteriano con la mayor pureza, visualizando su estado al fraccionarlo, amplificarlo y determinando la ganancia o pérdida de sitios de restricción con el fin de identificar genes que permitan establecer etiología, patogenia y posibles resistencias a antibióticos, permitiendo el análisis a partir de células en diferentes estadios intermedios (ejemplo: células viables, pero no cultivables). Entre las pruebas empleadas con mayor frecuencia para el análisis de muestras se encuentran: qPCR (reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real).

Esta técnica es una evolución de la PCR en la cual se suprime el paso de evaluación de los productos mediante electroforesis en gel de agarosa o poliacrilamida; combina la amplificación de secuencias específicas de ADN aportada por esta última y fluoróforo con afinidad por el ADN o sondas marcadas con fluorescencia; para el marcaje de estas sondas se han desarrollado diferentes productos químicos, entre los más importantes encontramos el SYBR Green y las sondas de hidrólisis (TaqMan). Una de las ventajas más grandes que tiene esta variación de la PCR es la realización en condiciones libres de contaminación y poco o nada manipulación del operario en el caso de ser automatizado el ensayo.

En comparación con la PCR convencional la qPCR genera resultados cuantitativos en menor tiempo, aporta mayor sensibilidad y seguridad para el operario al evitar el uso de reactivos cancerígenos como el bromuro de etidio; la qPCR según la norma ISO 16140 del 2003 y la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR) es un método de cribado alternativo para la evaluación de patógenos.

## 3 OBJETIVOS

Estandarizar un método de diagnóstico molecular basado en PCR, con mayor sensibilidad y especificidad para la detección de *Campylobacter fetus*.

## 4 MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 DISEÑO DE INICIADORES:

Para establecer los blancos moleculares empleados en la detección de *Campylobacter fetus* se realizó una búsqueda de literatura en la base de datos del Centro nacional de información biotecnológica (NCBI), seleccionando los genes *gltx1* y 16S rRNA, blancos moleculares reportados en la detección de la bacteria en mención.

Se construyeron secuencias tomadas de la base de datos del GenBank con los números de acceso CP006992, M650111, L146331, CP0068331 para el gen *gltx1* y CP0068331, CP0109531, CP0145681, CP0069992, CP0004871, CP0088081, CP0155751, CP0155761, CP0155771 para el gen 16S rRNA, las secuencias en formato fasta fueron sometidas a alineamiento por medio del software MEGA y la plataforma electrónica BLAST. Los alineamientos generados se enviaron a T4Oligo (Irapuato, Guanajuato, México) para realizar la síntesis de oligos específicos para PCR y generar los iniciadores de cada gen seleccionado.

### 4.2 CULTIVO DE CEPA:

La cepa *Campylobacter fetus* ATCC 27374 se adquirió de la colección ATCC; para el desarrollo de esta cepa, se tomaron 2 mL aproximadamente con una pipeta Pasteur del vial original, se reactivó en tubos de vidrio que contenían 10 mL de caldo tioglicolato estéril (Cuadro 1) se incubó a 37°C por 48h.

Cuadro 1. Ingredientes para medio de cultivo tioglicolato.

INGREDIENTES	CANTIDAD
Agua destilada	250 mL
Agar bacteriológico	0.18 gr
Caldo tioglicolato medio	7.50 gr

Con el desarrollo de la cepa y con un asa estéril se recuperó biomasa y se resembró en medio sólido ATCC: agar soya tripticasa con 5% de sangre de borrego desfibrinada a un pH de 7.3 (Cuadro 2), se incubó a 37°C durante 48 h en microaerofilia.

Cuadro 2. Ingredientes para medio de cultivo de *Campylobacter*.

INGREDIENTES	CANTIDAD
Agar soya tripticasa (TSA)	40.0 g
Sangre de cordero desfibrinada	50.0 mL (añadir después de esterilizar)
Agua destilada	950.0 mL

### 4.3 EXTRACCIÓN DE DNA:

Para obtener DNA de referencia se recuperaron 250 mg de biomasa del cultivo sólido sembrado con *Campylobacter fetus*, con esta cantidad de muestra recuperada se extrajo DNA utilizando el kit comercial QUICK-DNA fecal/soil Microbe Miniprep (Zymo-Research), siguiendo las recomendaciones y pasos del fabricante. La concentración y pureza del DNA se midió con el equipo de espectrofotometría NanoDrop 2000 (thermo Scientific).

### 4.4 ESTANDARIZACIÓN DE LA PCR TIEMPO REAL:

Se utilizaron los iniciadores 16S Fw y Rv y *gltx1* Fw y Rv específicos para *Campylobacter fetus*, se utilizó un tercer iniciador de actina bovina para los controles positivos de la prueba y sondas para sistema TaqMan en PCR tiempo real, los fluorocromos (FF) se eligieron con base a los canales de detección del sistema StepOne Plus™ (Thermo Fisher Scientific, USA).

Los iniciadores 16S Fw (5'-CGAAGAACCTTACCTGGGCTTG-3'), Rv (5'-GACAGCCGTGCAGCACCTGT-3') y *gltx1* Fw (5'-GCCGCAAAAACAGCAGGTAAGC-3') Rv (5'-TTTCAAGCGAACGGCTGCTGG-3') amplifican productos de 110 y 120 pares de bases respectivamente. Los iniciadores diseñados para  $\beta$ -actina bovina fueron los siguientes Fw (5'-CACCATCGGGAATGAGCGTTTC-3') y Rv (5'-CTCGTGGATGCCAGCAGACTC-3').

La sonda diseñada fue, para 16S Probe (5'-ACTTTCTAGCAAGCTAGCACTCTCTTATCT-3') con FF HEX, y para *gltx1* PROBE (5'-GTGATGACGATGTTTTAAGCAATCCCC-3') con FF ROX y Actb PROBE (5'-CGCTGCCCTGAGACCCTGTTCCAGC-3') estas sondas hibridan junto a cada primer específicamente para *Campylobacter fetus*.

### 4.5 CONDICIONES DE PCR TIEMPO REAL:

Durante la estandarización el mix se preparó a un volumen final de 20  $\mu$ L, el cual contenía DNA de referencia de la bacteria *C. fetus* a una concentración final de 20 ng, también se incluyó TaqMan® Fast Advanced Master Mix a una concentración final de 1X, junto con los iniciadores 16S Fw y Rv en concentración final de 600 nM, los iniciadores de *gltx1* Fw y Rv se utilizaron a una concentración final de 500 nM, las sondas 16S PROBE se utilizó a una concentración final de 300 nM, mientras que la sonda *gltx1* PROBE fue utilizada a 400 nM. El iniciador de los controles positivos de  $\beta$ -actina bovina se utilizaron a 300 nM para Fw y Rv, mientras que para la sonda la concentración final fue de 150 nM. Se realizó



el ensayo por triplicado, incluyendo un control negativo el cual contiene DNA de bovino libre de patógenos en concentración de 10 ng, este sirvió para evitar falsos positivos, también se incluyó un control sin templar llamado NTC el cual en lugar de tener DNA se agregó agua grado molecular.

Las condiciones de amplificación iniciaron con una desnaturalización a 94°C por 300 segundos durante 1 ciclo, seguido de 45 ciclos de una desnaturalización a 94°C durante 40 segundos, alineamiento a 64°C durante 30 segundos y extensión a 72°C durante 30 segundos. Estos ciclos de amplificación fueron programados en el sistema de un StepOne Plus™ (Thermo Fisher Scientific, USA).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

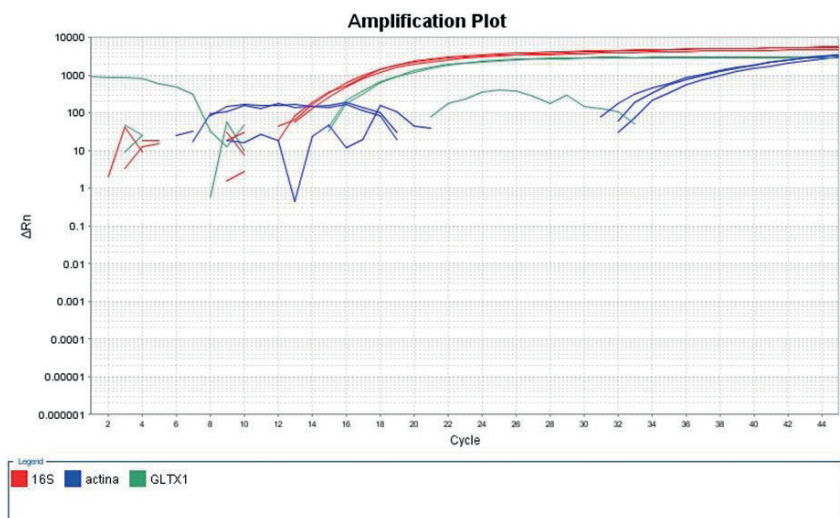
La cantidad de DNA extraído proveyó una concentración de 265 ng/μL y una pureza de 1.9 a una relación de absorbancia de 260/280, resultados favorables para la estandarización de la metodología de diagnóstico molecular por PCR.

La amplificación de dos genes en una prueba diagnóstica para una misma bacteria patógena como la *Campylobacter fetus* ofrece gran ventaja sobre las pruebas diagnósticas de rutina, el utilizar en este diagnóstico el gen 16S rRNA y *gltx1* se evita interferir con agentes vacúnales para este patógeno.

Los resultados de la estandarización de la reacción de PCR tiempo real se muestran en la imagen 1. Donde se puede observar la curva de amplificación por triplicado de los 3 genes el 16S rRNA, *gltx1* y β-Actina bovina, en los controles positivos utilizados en la prueba, el NTC que contiene agua grado molecular no se observa amplificación el cual nos muestra un resultado correcto, en el control negativo donde se incluyó DNA bovino amplifica solo la β-Actina bovina, resultado de una amplificación correcta.

Después de múltiples ensayos realizados para la estandarización de esta metodología molecular utilizad para el diagnóstico de *Campylobacter fetus*, los mejores valores tanto de concentración, temperatura y ciclos utilizados durante la amplificación fueron los mostrados en la metodología, la sensibilidad de la prueba comparada por lo mostrado Gonzalez *et al* (2018), en su ensayo de PCR convencional o punto final, con los mismos iniciadores demostró ser esta prueba 5 veces más sensible a la hora de detectar DNA, dichos autores utilizaron una concentración final de 100 ng de DNA bacteriano, mientras que en este estudio se utilizó solo 20 ng.

Imagen 1. Valores de los ciclos de amplificación (Ct) de los genes utilizados. Los controles positivos de los genes 16S rRNA y gltx1 presentan valores de 13 y 15 respectivamente, los valores para  $\beta$ -Actina bovina alcanzaron el umbral a partir del ciclo 32.



## 6 CONCLUSIONES

La presente técnica molecular por PCR en tiempo real con sondas TaqMan Fast Advanced Master Mix permite detectar DNA de *Campylobacter fetus* a concentraciones bajas.

El diseño de los iniciadores es funcional para este tipo de diagnóstico molecular; se logró establecer la cantidad mínima requerida de concentración de iniciadores y sondas, así como las condiciones de amplificación requeridas en el correcto funcionamiento de la prueba.

La velocidad y el tiempo en la cual este tipo de pruebas utilizadas para el diagnóstico y omitir un resultado marca una pauta favorable para ser considerada a futuro en una metodología de diagnóstico de rutina para este tipo de agentes patógenos que afectan al ganado bovino, así como al hombre.

## BIBLIOGRAFÍA

Cagnoli, C. I., Chiapparrone, M. L., Cacciato, C. S., Rodríguez, M. G., Aller, J. F., & del Carmen Catena, M. (2020). Effects of *Campylobacter fetus* on bull sperm quality. *Microbial Pathogenesis*, *149*, 104486.

Gonzalez, J.E.I, Ramos, J.C.A., Zelaya, M.L.X, Lara, A.J., Pardo, M.S., Martínez, P.M.D., Urban, D.D., Arteaga, G.R.I., De la Torre, S.J.F, Herrera, C.J. (2018). Diseño de iniciadores especie específico para la detección de *Brucella abortus* por PCR punto final. 13° Congreso Estatal de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Séptimo Encuentro de Jóvenes Investigadores del Estado de Michoacan, Congreso, Morelia Michoacán, 19-10-2018, 1-5.

Huertas-Caro, Carlos, Urbano-Cáceres, Eliana, & Torres-Caycedo, María. (2019). Diagnóstico molecular una alternativa para la detección de patógenos en alimentos. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 18(3), 513-528.

Molina, D. E. F., & Cruz, J. A. C. (2017). Métodos diagnósticos actuales para la identificación de la campylobacteriosis genital bovina. *Conexión Agropecuaria JDC*, 7(2), 71-84.

Park Jarrín, J. A. (2020). *Determinación de la resistencia antimicrobiana en cepas de Campylobacter aisladas de pollos de engorde* (Bachelor's thesis, PUCE-Quito).

Polo, C., García-Seco, T., Hernández, M., Fernández, V., Rodríguez-Lázaro, D., Goyache, J., ... & Pérez-Sancho, M. (2021). Evaluation of PCR assays for *Campylobacter fetus* detection and discrimination between *C. fetus* subspecies in bovine preputial wash samples. *Theriogenology*, 172, 300-306.

Trujillo Loyola, S. C. (2023). Efectividad de la tinción de Gram en la identificación de *Campylobacter* spp.: una revisión sistemática.

Wagenaar, J. A., Van Bergen, M. A., Blaser, M. J., Tauxe, R. V., Newell, D. G., & Van Putten, J. P. (2014). *Campylobacter fetus* infections in humans: exposure and disease. *Clinical Infectious Diseases*, 58(11), 1579-1586.

# CAPÍTULO 8

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

Data de submissão: 30/09/2024

Data de aceite: 14/10/2024

### **M. C. José Israel Rodríguez Barrón**

Researcher Professor  
Chemical & Biochemical  
Engineering Department  
Instituto Tecnológico de Tepic  
Tepic Nayarit, México

### **Ing. Brenda Bermúdez**

Biochemical Engineer  
Researcher Professor  
Chemical & Biochemical  
Engineering Department  
Instituto Tecnológico de Tepic  
Tepic Nayarit, México

### **M.C. Víctor Manuel Mata Prado**

Researcher Professor  
Industrial Engineering Department  
Instituto Tecnológico de Tepic  
Tepic Nayarit, México

### **Ramón Rodríguez Blanco**

Profesor e investigador  
Unidad Académica de Agricultura  
Universidad Autónoma  
de Nayarit, México

**RESUMEN:** La presente investigación evaluó el hongo nativo *Trichoderma asperellum* con registro MT044384 en National Center Biotechnology (NCBI), USA, para conocer su mecanismo de acción de bioestimulante de crecimiento y rendimiento maíz criollo blanco. Se evaluó una concentración de  $1 \times 10^8$  esporas/ml de *T. asperellum* que se asperjó al follaje de la planta cada 21 días hasta la formación de la espiga, con una combinación del hongo bioestimulante y composta, y tratamientos control sin el hongo y sin composta. El experimento se distribuyó en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, en condiciones de campo e invernadero. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey con significancia de  $\leq .0001$ . *T. asperellum* estimuló la altura de la planta del maíz criollo y las variables de rendimiento en condiciones de invernadero y campo comparadas con los tratamientos control. El mejor rendimiento de grano de maíz se obtuvo en *T. asperellum* en invernadero con 9.40 ton/ha, seguido de *T. asperellum* más composta en campo con 8.92 ton/ha ambos tratamientos fueron significativamente iguales, esto representa un promedio de hasta un 60 por ciento en relación con los tratamientos control. La mayor altura fue de 372.5 cm en *T. asperellum* en invernadero. La cepa nativa *T. asperellum* MT044384 potencialmente es una buena alternativa incrementar los rendimientos del maíz criollo. El hongo

*Trichoderma asperellum*, al incrementar los rendimientos de maíz criollo favorece la seguridad alimentaria y promueve la sustentabilidad en la salud de los suelos y fomenta prácticas agrícolas más amigable con el ecosistema.

**PALABRAS CLAVE:** Ceba nativa. *Trichoderma asperellum*. Maíz criollo. Bioestimulante. Composta.

## 1 INTRODUCCIÓN

El maíz criollo (*Zea mays*) es un pilar fundamental en la alimentación y cultura de diversas comunidades agrícolas, especialmente en América Latina. A diferencia de los híbridos comerciales, los maíces criollos representan una reserva genética invaluable que ha permitido su adaptación a una amplia gama de condiciones ambientales, preservando su biodiversidad. Esta diversidad es esencial para enfrentar los desafíos del cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria (Sánchez, 2012; Aquino et al., 2001).

En un contexto global en el que el cambio climático genera incertidumbre sobre la viabilidad de los sistemas agrícolas convencionales, el maíz criollo surge como una alternativa robusta debido a su capacidad de resistir a factores climáticos extremos y a su bajo requerimiento de insumos externos (Altieri, 2004; Schlenker & Lobell, 2010). La necesidad de sistemas agrícolas más resilientes y sustentables se ha vuelto crucial para asegurar la producción de alimentos ante condiciones climáticas cada vez más impredecibles (Godfray et al., 2010).

Sin embargo, para asegurar su productividad a largo plazo, es necesario complementarlo con herramientas biotecnológicas que potencien su desarrollo de manera sustentable. En este sentido, el *Trichoderma asperellum*, un hongo reconocido por su capacidad como bioestimulante y agente de biocontrol, ha demostrado ser una opción efectiva para incrementar los rendimientos agrícolas y fortalecer la resiliencia de los cultivos frente a condiciones adversas (Harman, 2006; Van Oosten et al., 2017). Diversos estudios han documentado que el uso de bioestimulantes como el *T. asperellum* no solo mejora el crecimiento de las plantas y su rendimiento, sino que también reduce la dependencia de insumos químicos, contribuyendo a una agricultura más sustentable y respetuosa con el medio ambiente (Woo et al., 2014; Singh et al., 2014).

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto del *Trichoderma asperellum* MT044384 sobre el crecimiento y rendimiento del maíz criollo blanco, se analiza su potencial para contribuir a la sustentabilidad agrícola y su capacidad para mejorar la seguridad alimentaria en un mundo afectado por el cambio climático. A través de la aplicación de este hongo bioestimulante, se busca no solo incrementar los rendimientos del maíz criollo, sino también promover un manejo agrícola que sea ambientalmente responsable y adaptado a las nuevas realidades climáticas.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

Este estudio se llevó a cabo entre agosto y diciembre de 2018, bajo condiciones tanto de invernadero como de campo. El invernadero y los terrenos experimentales están ubicados en las instalaciones del Departamento de Ingeniería Bioquímica y Química del Instituto Tecnológico de Tepic, situado en las coordenadas 21°28'45" N y 104°51'56" O. Las condiciones ambientales promedio fueron de 21 °C en el campo y 32 °C en el invernadero, temperaturas adecuadas para el desarrollo del cultivo de maíz criollo (*Zea mays*).

### 2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estructuró bajo un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones por tratamiento. Se emplearon ocho tratamientos en total, distribuidos entre condiciones de campo e invernadero. De los ocho tratamientos, cuatro incluyeron la aplicación del hongo *Trichoderma asperellum* MT044384, mientras que los otros cuatro sirvieron como controles sin la aplicación del hongo. Además, en dos de los tratamientos se aplicó compost de la marca Terra Sana a una dosis de 4 toneladas/ha. elaborado a partir de bagazo de caña de azúcar.

### 2.3 PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL *TRICHODERMA ASPERELLUM*

Se utilizó la cepa *Trichoderma asperellum* MT044384, registrada en el Centro Nacional de Biotecnología (NCBI), con una concentración de  $1 \times 10^8$  esporas/mL. La aplicación del hongo se realizó mediante pulverización sobre el follaje de las plantas, comenzando cuando estas alcanzaron la fase de cuatro hojas verdaderas. Las aplicaciones se llevaron a cabo cada 21 días, hasta la formación de la espiga.

### 2.4 CULTIVO DEL MAÍZ CRIOLLO

El maíz criollo blanco utilizado en este experimento proviene de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit. La siembra se realizó manualmente con una coa, depositando dos semillas por hoyo. Los tratamientos con y sin *Trichoderma asperellum* fueron distribuidos tanto en el invernadero como en el campo para observar su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales.

## 2.5 VARIABLES EVALUADAS

Las variables estudiadas incluyeron la **altura de las plantas, el diámetro del tallo, la longitud de las mazorcas y el rendimiento de grano**. El rendimiento se determinó pesando 100 gramos de grano de maíz, que se secaron en un horno (marca Memmer) a 75 °C durante 48 horas. Luego de este periodo, las muestras fueron pesadas y comparadas con el peso inicial. Este proceso se repitió por 24 horas adicionales hasta obtener un peso constante para cada tratamiento.

## 2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), y las medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . El software estadístico utilizado fue SAS System para Windows, versión 9.1.

# 3 RESULTADOS

## 3.1 RENDIMIENTO DE GRANO

El análisis de los tratamientos mostró un aumento significativo en el rendimiento de grano de maíz criollo blanco bajo la influencia de *Trichoderma asperellum*. El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento con *T. asperellum* bajo condiciones de invernadero, alcanzando 9.40 toneladas/ha, seguido del tratamiento de *T. asperellum* combinado con composta en condiciones de campo, con 8.92 toneladas/ha. Ambos tratamientos fueron estadísticamente iguales ( $p < 0.05$ ). En comparación, el tratamiento de control sin *T. asperellum* y sin composta en invernadero presentó el rendimiento más bajo con 4.37 toneladas/ha.

## 3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MAZORCA

El tratamiento con *T. asperellum* combinado con composta en campo resultó en las mazorcas de mayor longitud, con un promedio de 30.80 cm, mientras que el mayor diámetro de mazorca, 4.70 cm, se obtuvo con *T. asperellum* en campo. En términos del número de hileras por mazorca, el tratamiento con *T. asperellum* en campo registró el mayor número, con 17 hileras. Adicionalmente, se observó un incremento significativo en el número de granos por hilera, con 42.25 granos en el tratamiento de *T. asperellum* más composta en invernadero.

### 3.3 ALTURA DE LAS PLANTAS Y DIÁMETRO DEL TALLO

En cuanto a la altura de las plantas, se observó un efecto significativo en los tratamientos con *T. asperellum*. La mayor altura se registró en el tratamiento con *T. asperellum* en invernadero, con una media de 372.5 cm, superando notablemente los tratamientos sin el hongo. Por su parte, el mayor diámetro del tallo se observó en el tratamiento con suelo únicamente en campo, alcanzando 3.427 cm.

### 3.4 COMPARACIÓN DE TRATAMIENTOS

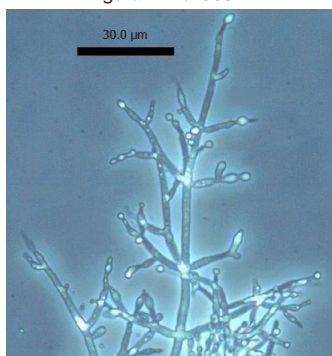
En general, los tratamientos que incluyeron *Trichoderma asperellum* superaron consistentemente a los tratamientos control en todas las variables evaluadas, tanto en campo como en invernadero. La combinación de *T. asperellum* con composta también demostró ser altamente beneficiosa, especialmente en condiciones de campo, donde se obtuvo una sinergia que resultó en mayores rendimientos y mejores características físicas de la mazorca en comparación con los tratamientos sin composta. Estos resultados coinciden con estudios previos sobre el uso de *Trichoderma* como bioestimulante, en los cuales se ha demostrado que este hongo promueve el crecimiento vegetal, mejora la absorción de nutrientes y aumenta la resistencia de las plantas a factores de estrés biótico y abiótico (Harman, 2006; Ruiz et al., 2022).

La descripción morfológica del aislado *Trichoderma* que se utilizó en el presente estudio, mostraron clamidosporas en forma globosa a subglobosas, terminales e intercaladas (Figuras 1 y 2), esto coincide con las características de *Trichoderma asperellum* citada por Samuels et al 2010. Es una de las especies más comunes a nivel mundial contra una amplia gama de fitopatógenos (Tondje et al 2007).

Figura 1. Conidias subglobosas.



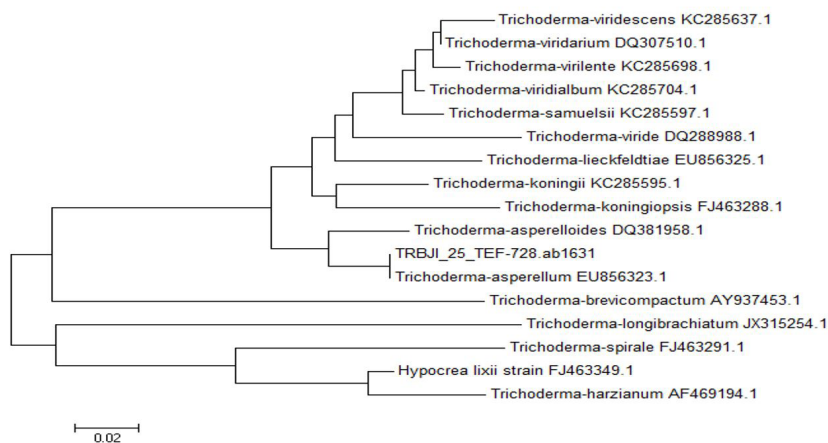
Figura 2. Fiálides.





La calidad y la cantidad de ADN del aislado Trbji-25 de *Trichoderma* procedente del cultivo de la jaca produjeron bandas claras y nítidas, propiedades necesarias para garantizar la amplificación del ADN en la técnica de PCR. El tamaño del producto de la PCR del aislado Trbji-25 varió entre 550 a 689 pb para TEF1. El resultado del BLAST, presentó una homología del 99% que corresponde a *Trichoderma asperellum*, con código (MT044384) de acuerdo a la empresa Macrogen, (Samuels et al., 2002; Samuels et al., 2010; Sánchez et al., 2012). El árbol filogenético realizado con la secuencia del gen *tef* agrupó a las cepas Trbji-25 con *Trichoderma asperellum* como se muestra en la Figura 3.

Figura 3.



## 4 CONCLUSIONES

La aplicación de **Trichoderma asperellum MTO44384** en el cultivo de maíz criollo no solo incrementa los rendimientos de manera significativa, sino que también refuerza la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, al reducir la dependencia de insumos químicos y mejorar la resiliencia de los cultivos frente a condiciones climáticas adversas. Estos hallazgos subrayan el valor de incorporar soluciones biológicas en la agricultura moderna para garantizar la seguridad alimentaria y proteger los recursos naturales de manera sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

Celis, P. S. E., Alejo, J.C., Reyes, R.A., Garruña, H.R., Tun, S. J.M. **Trichoderma asperellum Ta13-17 in the growth of Solanum lycopersicum and biocontrol of Corynespora cassiicola.** Revista Mexicana de Fitopatología, p. 70-8, 2023.

Donoso, E., Lobos, G. A., Rojas, N. **Effect of Trichoderma harzianum and compost in nursery Pinus radiata seedling.** BOSQUE, v.29 n.1: p. 52-57, 2008.

González, M. I., Infante, M D., Arias, V. Y., Gorrita, R. S., Hernández, G. T., de la Noval, P. B.M., Martínez, C. B., Peteira, B. **Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304.** Revista de Protección Vegetal, v. 34 n. 2. p. 1-10, 2019.

Harman, G.E. **Multifunctional fungal plant symbiont: new tool to enhance plant growth and productivity.** New Phytologist, v. 89. p. 647-649, 2011.

Harman, G. E. **Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp.** Phytopathology, v. 96 p.190-194, 2006.

Harman, G.E. **Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22.** Plant Disease, v. 84. n 4. p. 377-393, 2000.

Mahato, S., Bhujii, S., y Sheresta, J. **Effect of *Trichoderma viride* as biofertilizer on growth and yield of wheat.** Malaysian Journal of Sustainable Agriculture, v. 2 n. 2 p 01-05.,2018. DOI: <http://doi.org/10.26480/mjsa.02.2018.01.05>

Lieckfel, E., Samuels, G.J. Nirenberg, H.I. y Petrini, O. **A morphological and molecular perspective of *Trichoderma viride*: is it one or two species?,** Applied and Environmental microbiology, v.65 n.6 p-2418-2, 1999.

López, B. J., Pelagio, F. R., y Herrera, E. A. ***Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus.** Scientia Horticultural, v.196. p.109-123, 2015 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.043>

Sánchez G., J. ***Maíces nativos: La biodiversidad que alimenta.*** Revista de Biología Tropical, 60(3), 1011-1020. (2012).

Schlenker, W., & Lobell, D. B. **Robust negative impacts of climate change on African agriculture.** Environmental Research Letters, 5(1). (2010).

Singh, A. Shahid, M., Srivastava, M., Pandey S., Sharma, A., et al. **Optimal physical parameters for growth of *Trichoderma* species at varying pH, temperature and agitation.** Virology & Mycology, v.3. n.1.p.1-7 2014. doi:10.4172/2161-0517.1000127

Tavera, Z. D. D., Hernández, E. J.J., Ulivarri, G. y Sánchez, Y. J.M. **Inoculación de *Trichoderma harzianum* en *Zea mays* y su efecto a la adición del fertilizante.** Journal of the Selva Andina Research Society, v.8n. 2. p. 115-123. 2017.

Tondje, P.R., Roberts, D.P., Bon, M.C., Widmer, T., Samuels, G.J., Ismaiel, A., Heddbar, K.P. **Isolation and identification of mycoparasitic isolates of *Trichoderma asperellum* with potential for supression of black pod disease in Cameroon.** Biological control, v. 43 n. p. 202-212. 2007.

Samuels, G.J., Dodd S.L., Gams W., Castlebury L.A. y Petrini O. ***Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*.** Mycologia, v. 94.n.1.p. 146-170. 2002.

Samuels, G.J., Ismaiel, K.P., M.C. Bon, De Respinis S., y Petrini O. ***Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species.** Mycologia, v.102 n. 4 p. 944-966, 2010. DOI: 10.3852/09-243

Sánchez, L.V., Martínez, B.L., Zavala, G.E.A. y Ramírez, L.M. **Nuevos registros de *Trichoderma crassum* para México y su variación morfológica en diferentes ecosistemas.** Revista Mexicana de Micología., v.36. p.17-26, 2012.

Manual de determinación de rendimiento. **Editorial CIMMYT; SAGARPA.**, p. 36. 2012. <http://hdl.handle.net/10883/18249>

Rodríguez, B.J.I. ***Aislamiento y evaluación de cepas nativas de Trichoderma sp. en el control biológico de Rhizopus sp. en la jaca Artocarpus heterophyllus L.*** Tesis de maestría sin publicar. Instituto Tecnológico de Tepic. 2014

Ruiz, S.M., Echeverría, H. A., Muñoz, H.Y., Martínez, R. A. Y., Cruz, T. A. **Aplicación de dos cepas de *Trichoderma asperellum* como estimulante de crecimiento en el cultivo del arroz.** Cultivos Tropicales, v.43 n.1 e10, 2022.

Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggi A. **The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants.** *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, v.4 n.5. p.1-12,2017. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

Woo, S.L., Ruocco, M., Vinale, F., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Lanzuise, S., Manganiello, G., y Lorito, M. ***Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture.** *The Open Mycology Journal* v.8 p.71-126, 2014. **DOI:** 10.2174/1874437001408010071

# CAPÍTULO 9

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

Data de submissão: 15/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

### Francisco Alberto Hernández de la Rosa

División Académica de  
Ciencias Básicas  
Universidad Juárez  
Autónoma de Tabasco

Villahermosa, Tabasco, México

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

### María Teresa Fernández Mena

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

Villahermosa, Tabasco, México

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

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

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

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

# ANALYSIS OF THE MONETARY UTILITY FROM CRUDE OIL PRODUCTION IN THE KU-MALOOB-ZAAP FIELD OF PEMEX USING TWO-DIMENSIONAL MONTE CARLO SIMULATION

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

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

## 1 INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 SIMULACIÓN MONTE CARLO

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

## 2.3 DECLARACIONES DE FUNCIONES

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

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

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

## 2.4 CASO DE ESTUDIO: COMPLEJO KU-MALOOB-ZAAP

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

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

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

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

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

donde

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

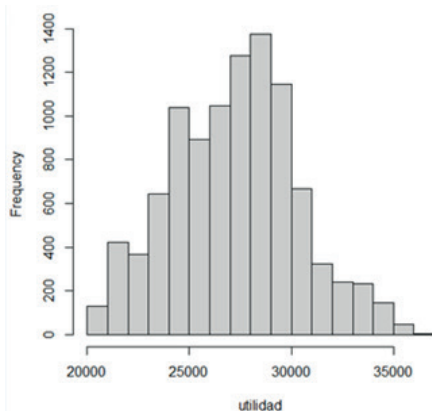
Se realizó con el software *R Project* la simulación Monte Carlo en dos dimensiones con 10000 corridas para generar estimaciones de la variable utilidad representado por el modelo de la ecuación (1). En la Tabla 3 se muestran las estadísticas descriptivas de la variable aleatoria utilidad generada por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

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

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

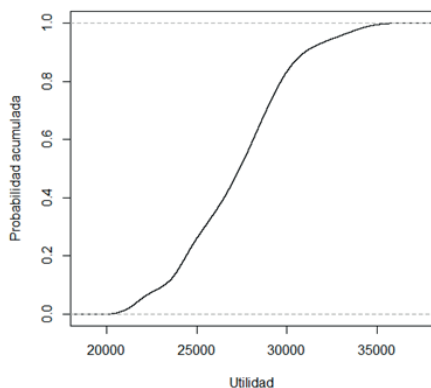
En la Figura 2 se muestra el histograma de las utilidades simuladas por *R Project* visto desde la dimensión variabilidad con un tamaño de muestra de 10,000. Se observa que el gráfico de la distribución de la variable utilidad es diferente a una distribución normal mostrando un coeficiente de asimetría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

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



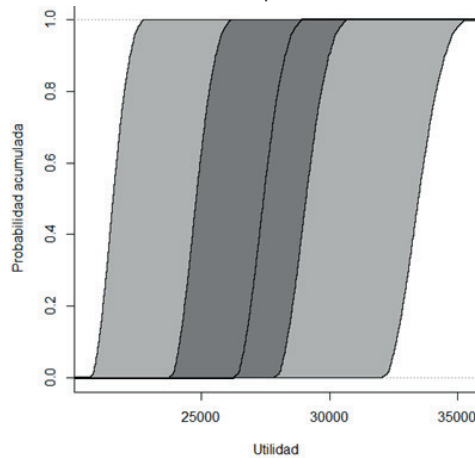
En la Figura 3 se muestra la distribución de probabilidad acumulada empírica de la variable utilidad. Nótese que el gráfico no muestra la separación de las dos dimensiones (incertidumbre y variabilidad). Además, con base al gráfico se estima que la probabilidad de observar una utilidad entre 25 y 30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

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



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

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



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

#### 4 CONCLUSIONES

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

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

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

## REFERENCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

# CAPÍTULO 10

## EFECTO DEL FUEGO SOBRE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES FORESTALES EN SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA DE MÉXICO<sup>1</sup>

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.

<sup>1</sup> 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  $\beta$ ) (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 m<sup>2</sup> para el arbolado adulto (DAP<sub>≥</sub>7.5 cm); b) tres sub-sitios circulares de 5 m<sup>2</sup>, para la regeneración de 0 a 30 cm de altura; c) tres sub-sitios cuadrados de 25 m<sup>2</sup>, para la regeneración mediana de 31 cm a 1 m de altura; y d) tres sub-sitios cuadrados de 64 m<sup>2</sup>, 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).

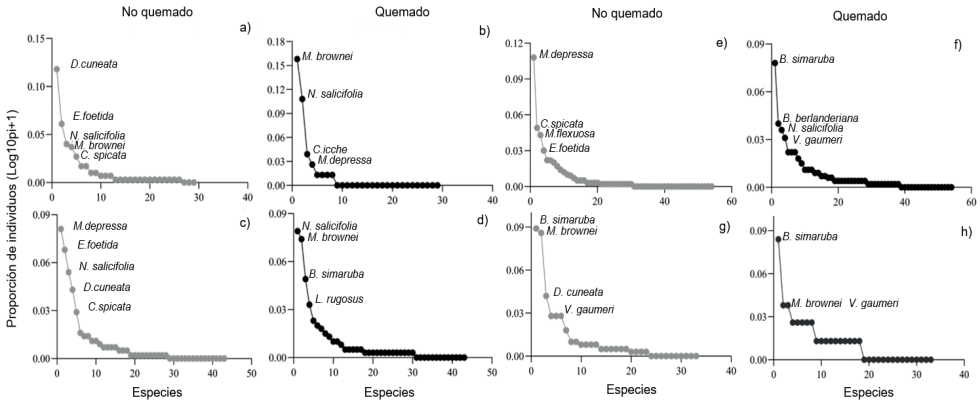
Familias/especies	0-30 cm		31cm-1 m		1-3 m		Arbolado	
	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ	Q	NQ
<b>Acanthaceae</b>								
<i>Bravaisia berlanderiana</i> (Ness.) T. F. Daniel	1		1	1	22			
<b>Anacardiaceae</b>								
<i>Metopium brownei</i> (Jacq) Urban.	14	11	31	3	12	1	3	37
<b>Annonaceae</b>								
<i>Malmea depressa</i> (Bailon) R. E. Fries.	2	2	6	6		13		
<i>Mosannona depressa</i> (Baill.) Chatrou		5	2	39	1	70		3
<b>Apocynaceae</b>								
<i>Plumeria rubra</i> L.						1		
<i>Thevetia gaumeri</i> Hemsl.		1	5		12	3	1	3
<b>Araliaceae</b>								
<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planch							1	
<b>Arecaceae</b>								
<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		
<b>Burseraceae</b>								
<i>Bursera simaruba</i> (L) Sarg.	1	1	20		45		7	38
<b>Capparaceae</b>								
<i>Capparidastrum mollicellum</i> (Standl.) Cornejo & Iltis				3	2	1		
<b>Ebenaceae</b>								
<i>Diospyros cuneata</i> Stand.		39	1	20	1	13		17
<b>Ehretiaceae</b>								
<i>Ehretia tinifolia</i> L.			2	2		2		
<b>Euphorbiaceae</b>								
<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					
<b>Fabaceae</b>								
<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	
<b>Lamiaceae</b>								
<i>Vitex gaumeri</i> Greenm.		4	3	17			3	11
<b>Lauraceae</b>								
<i>Nectandra salicifolia</i> (HBK) Nees.	9	12	33	25	20	12	2	
<b>Malpighiaceae</b>								
<i>Bunchosia swartziana</i> Griseb.			4			5		
<b>Malvaceae</b>								
<i>Ceiba aesculifolia</i> Britten & Baker f.	1							1
<i>Hampea trilobata</i> Standl.			1	2	2	1		
<b>Moraceae</b>								
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.			2				1	
<i>Ficus crassinervia</i> Desf. ex Willd.					2			
<b>Myrtaceae</b>								
<i>Eugenia foetida</i> M. Vahl	19	9	32	2	18			1
<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) McVaugh	1							
<b>Phyllanthaceae</b>								
<i>Phyllanthus micinianus</i> Baill.					1			
<b>Polygonaceae</b>								
<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		
<b>Putranjivaceae</b>								
<i>Drypetes laterifolia</i> (Sw.) Krug & Urb.			1					
<b>Rubiaceae</b>								
<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		
<b>Rutaceae</b>								
<i>Esenbeckia pentaphylla</i> Griseb.				1				
<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.		2	1	4				1

<b>Salicaceae</b>					
<i>Laetia thamnia</i> L.	1				
<i>Samyda yucatanensis</i> Standl.		2			
<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britton & Millsp.			1		1
<b>Sapindaceae</b>					
<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
<b>Sapotaceae</b>					
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> Brandegees ex Standl.	1		1	1	
<i>Manilkara zapota</i> (L) Van Royen.		5	1	10	1
<b>Simaroubaceae</b>					
<i>Simarouba glauca</i> DC.	1		3	1	11
<b>Solanaceae</b>					
<i>Nicotiana</i> sect. <i>Tabacum</i> G. Don				1	
<i>Solanum erianthum</i> D. Don			5		
<b>Urticaceae</b>					
<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 *Mosannona 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).

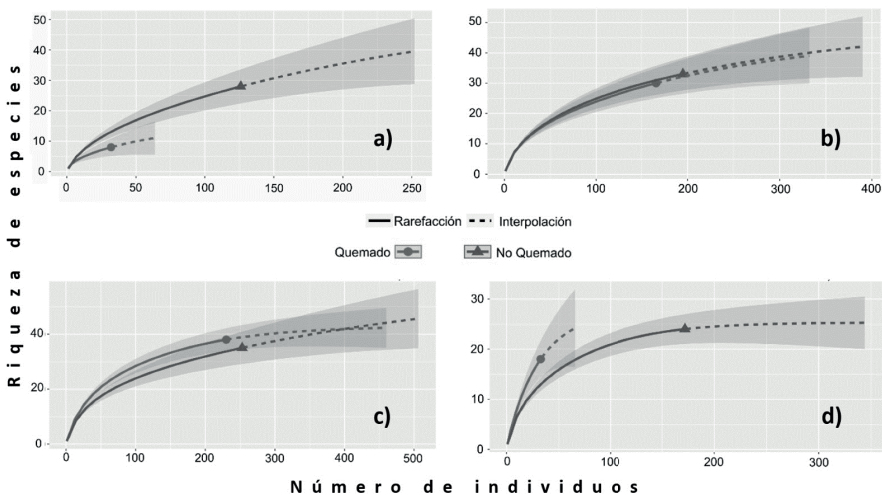
Figura 1. Curvas de rango-abundancia en los diferentes niveles de regeneración: a y b) 0 a 30 cm; c y d) 31 cm a 1 m; e y f) 1 a 3 m; g y h) Arbolado en sitios quemados/no quemados.



### 3.2 RIQUEZA Y DIVERSIDAD

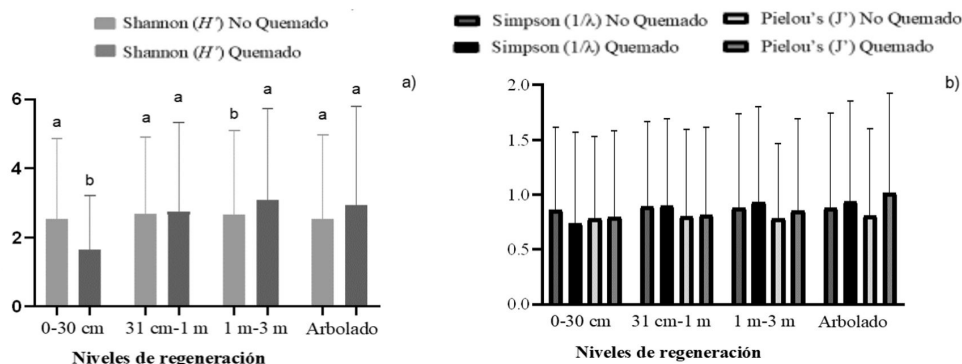
La regeneración de 0 a 30 cm en los sitios no quemados presentó la mayor riqueza como lo revela la curva de rarefacción que creció rápidamente en función de los individuos de la muestra, mientras que los sitios quemados presentaron la menor abundancia y riqueza de especies (Figura 2a,  $P>0.05$ ). En 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.

# CAPÍTULO 11

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

Data de submissão: 14/09/2024

Data de aceite: 04/10/2024

### Juan Anzures Marín

División de Estudios de Posgrado y de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, Michoacán, México  
<https://orcid.org/0000-0002-6686-3277>

### Juan Manuel de la Torre Caldera

División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, Michoacán, México

### Salvador Ramírez Zavala

Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Morelia, Michoacán, México  
<https://orcid.org/0000-0001-5480-6593>

**RESUMEN:** En el presente trabajo se muestra la metodología y los resultados obtenidos al aplicar el modelado difuso del tipo Takagi-Sugeno, para una clase de sistema no lineal; en este caso un sistema de nivel de líquido de dos tanques interconectados. El modelado se realiza en espacio de estados reescribiendo al

sistema no lineal, considerando cuatro puntos de operación del rango total de operación del sistema, para generar subsistemas lineales. El sistema está formado por dos tanques en serie donde el flujo de salida del primer tanque entra al segundo tanque. Para validar el modelo diseñado se comparan los resultados del modelo del sistema de simulación con los datos reales del mismo.

**PALABRAS CLAVE:** Modelado difuso. Sistema no lineal. Espacio de estados. Sistemas de nivel de líquido. Takagi-Sugeno.

### TAKAGI-SUGENO CONVEX MODELING OF NONLINEAR SYSTEMS: TWO-TANK INTERCONNECTED LIQUID LEVEL SYSTEM

**ABSTRACT:** This paper presents the methodology and results obtained by applying Takagi-Sugeno fuzzy modeling for a class of nonlinear systems; in this case, a liquid level system of two interconnected tanks. The modeling is performed in state space by rewriting the nonlinear system, considering four operating points of the total operating range of the system, to generate linear subsystems. The system consists of two tanks in series where the output flow from the first tank enters the second tank. To validate the designed model, the results of the simulation system model are compared with the actual data of the system.

**KEYWORDS:** Fuzzy modeling. Nonlinear system. State space. Liquid level systems. Takagi-Sugeno.

## 1 INTRODUCCIÓN

La obtención de modelos de sistemas reales es cada vez más demandada en diversas áreas de la ciencia y la técnica. Tal es el caso de los procesos industriales y biotecnológicos, los cuales son considerados como sistemas complejos, y de los cuales, por lo general, sólo existe conocimiento parcial obtenido por experiencia operativa (Castillo, 2007).

La obtención de un modelo matemático es necesaria en cualquier proceso que se lleve a cabo para analizar el comportamiento del sistema. Aunque el modelo matemático no es único, se debe garantizar que sea confiable, puesto que la mayoría de las propuestas modernas de control están basadas en un modelo del proceso bajo análisis, por esta razón el modelado es una etapa importante en el diseño de sistemas de control. Para satisfacer los requerimientos de calidad de los productos, el sistema de control debe garantizar altos requerimientos de calidad sobre un rango amplio de condiciones de operación. Cuando se considera la totalidad del rango de operación, la mayoría de los procesos exhiben un comportamiento fuertemente no lineal y no pueden ser descritos empleando modelos lineales convencionales. Una técnica útil para atender la problemática anterior se introdujo en 1965 (Zadeh, 1965) con la teoría de conjuntos difusos, la cual ha encontrado aplicaciones en un amplio rango de disciplinas. El modelado de sistemas dinámicos pertenecen a los campos donde estas técnicas han recibido gran atención, no sólo de la comunidad científica, sino también de la industria en general. Los modelos basados en la lógica difusa, manejan las no linealidades a través de la descomposición del sistema dentro de regiones difusas y mediante el empleo de un modelo lineal simple en cada región.

En Takagi (1985) utilizan modelos difusos desarrollados por Takagi y Sugeno (T-S) para modelar un sistema no lineal mediante un conjunto de modelos locales lineales definidos por un conjunto de reglas difusas de la forma SI-ENTONCES, donde cada regla expresa un comportamiento significativo del sistema expresado como un modelo lineal. En este documento se presenta una herramienta matemática para construir un modelo difuso de un sistema donde se utilizan implicaciones difusas y razonamiento. En este mismo trabajo se muestra el método de identificación de un sistema utilizando sus datos de entrada-salida. También se discuten dos aplicaciones del método a procesos industriales: un proceso de limpieza de agua y un convertidor en un proceso de fabricación de acero.

De acuerdo a esto, en este trabajo se muestra la descripción en espacio de estado del sistema linealizado y se desarrolla una representación del Modelo Difuso Takagi-Sugeno (MDT-S) para el sistema de nivel de líquido de dos tanques interconectados en serie donde el flujo de salida del primero es el flujo de entrada del segundo tanque. El modelo o representación se realiza en espacio de estado, usando cuatro puntos de operación para generar subsistemas lineales, los cuales se determinan basados en la experiencia del funcionamiento del sistema.

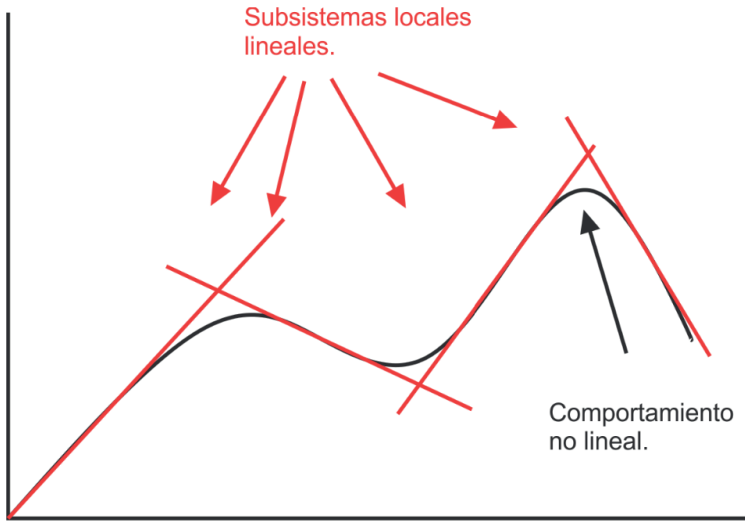
## 2 DESCRIPCIÓN DEL METODO

### 2.1 CONJUNTOS DIFUSOS Y MODELADO TAKAGI-SUGENO (T-S)

El autor Lofti Asker Zadeh (1965) de la Universidad de Berkeley introduce la idea de “Conjuntos Difusos”. En este trabajo describe a un conjunto difuso como una clase de objetos con un continuo grado de membresía. Tal conjunto se caracteriza por una función de pertenencia (característica) que asigna a cada objeto un grado de pertenencia que varía entre cero y uno. Se amplían las nociones de inclusión, unión, intersección, complemento, relación, convexidad, etc. a tales conjuntos. En particular, se prueba un teorema de separación para conjuntos difusos convexos sin requerir que los conjuntos difusos sean disjuntos.

El modelo difuso desarrollado por Takagi y Sugeno (T-S) tiene como objetivo describir el comportamiento no lineal de un sistema en un número finito de subsistemas locales lineales en distintas regiones de operación del mismo, tal como se muestra en la Figura 1. Este modelo propuesto por Tomohiro Takagi y Michio Sugeno (Takagi, 1985) es descrito mediante un conjunto difuso de reglas de la forma SI-ENTONCES, que representan relaciones lineales de entrada-salida de un sistema no lineal. La cualidad principal de un modelo difuso de T-S es la capacidad de expresar la dinámica local de cada implicación difusa (regla) por medio de un subsistema lineal. El modelo completo difuso del sistema se obtiene de la combinación difusa de los modelos lineales. Los consecuentes individuales son sistemas lineales que pueden ser analizados mediante la teoría de sistemas lineales.

Figura 1. Gráfica de sistema no lineal y subsistemas lineales.



Así, sea el sistema no lineal descrito por la ecuación (1). (Takagi, 1985, Farfán et al, 2007)

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(x(t), u(t)) \\ y(t) &= h(x(t)) \end{aligned} \quad (1)$$

donde:  $x(t) \in R^n$  es el vector de estado del sistema,  $u(t) \in R^m$  es el vector de entrada,  $y(t) \in R^p$  es el vector de salida.

El cual se puede reescribir mediante un modelo difuso T-S con la capacidad de expresar la dinámica local de cada implicación difusa (regla) por medio de un subsistema lineal. Entonces, el modelo difuso completo del sistema no lineal se obtiene mediante la suma convexa de los submodelos lineales.

Entonces, la  $i$ -ésima regla del modelo para un sistema continuo está dada por (2).

$$\begin{aligned} &\text{Si } \varphi_1(t) \text{ es } M_{n1} \text{ y } \dots \text{ y } \varphi_p(t) \text{ es } M_{np} \\ \text{ENTONCES } &\begin{cases} \dot{x}(t) = A_i x(t) + B_i u(t) \\ y(t) = C_i x(t) \end{cases} \quad \text{con } i = 1, 2, 3, \dots, \eta \end{aligned} \quad (2)$$

donde:  $\varphi_1(t), \dots, \varphi_p(t)$  son variables premisas medibles que pueden ser funciones de variables de estado o tiempo;  $M_{np}$  es un conjunto difuso y  $\eta$  es el número de reglas;  $x(t) \in R^n$  es el vector de estado;  $A_i, B_i, C_i$  son matrices constantes conocidas de dimensión apropiada. Cada ecuación lineal representada por  $\dot{x}(t) = A_i x(t) + B_i u(t)$  es llamada subsistema.

Para  $(x(t), u(t))$  dadas, el modelo difuso completo se obtiene mediante el uso de un fuzificador tipo singleton, inferencia tipo producto y centro de gravedad como defuzificador; como resultado las salidas finales del sistema difuso se expresan como una suma convexa (3).

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= \sum_{i=1}^{\eta} h_i(\varphi)(A_i x(t) + B_i u(t)) \\ y(t) &= \sum_{i=1}^{\eta} h_i(\varphi) C_i x(t) \end{aligned} \quad (3)$$

donde

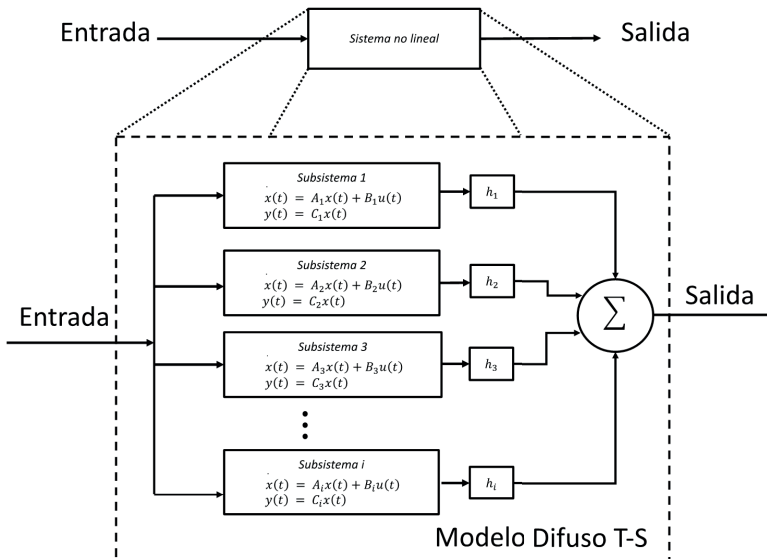
$$\varphi = [\varphi_1 \ \varphi_2 \ \dots \ \varphi_p], \quad h_i(\varphi) = \frac{\omega_i(\varphi)}{\sum_{i=1}^{\eta} \omega_i(\varphi)}, \quad \omega_i(\varphi) = \prod_{j=1}^p M_{ij}(\varphi)$$

y  $h_i(\varphi)$  es el peso normalizado para cada una de las reglas calculado a partir de la función de membresía para  $\varphi_i(t)$  en  $M_{ij}$  y satisface las condiciones:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{\eta} h_i(\varphi_i(t)) = 1 \\ 0 \leq h_i(\varphi_i(t)) \leq 1 \quad \text{con } i = 1, 2, 3, \dots, \eta \end{cases}$$

de forma compacta, la representación de la ecuación (1) se ilustra en la Figura 2.

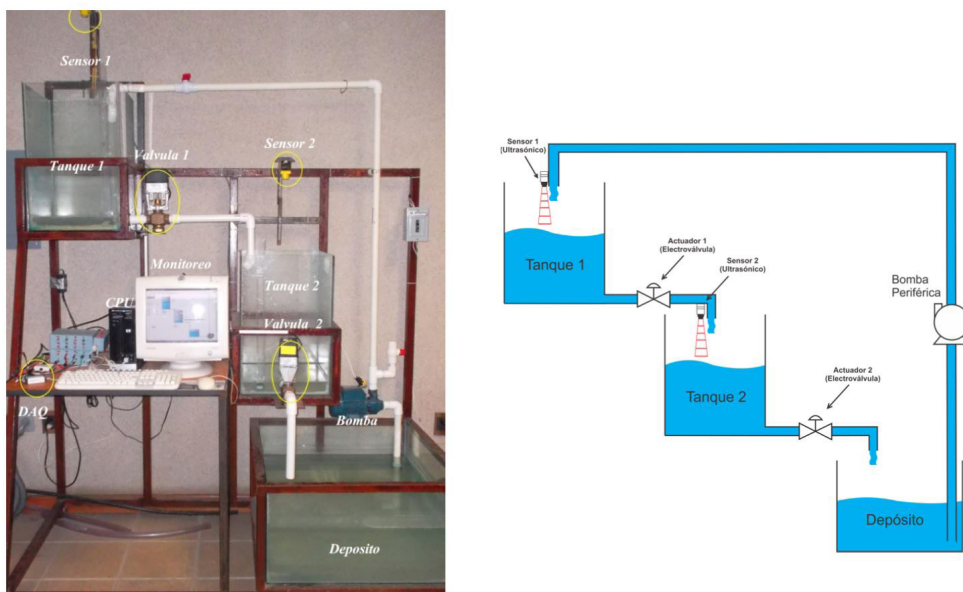
Figura 2. Esquema ilustrativo del sistema difuso T-S.



## 2.2 MODELADO DE UN SISTEMA DE NIVEL DE LÍQUIDO

El ejemplo de aplicación considerado para mostrar el modelado difuso T-S, es un sistema hidráulico no lineal de dos tanques interconectados mostrado en la Figura 3. El sistema podría representar a un sistema de nivel de líquido en la industria, por ejemplo, la industria petroquímica, fabricación de papel y las de tratamiento de agua. En estos procesos industriales en ocasiones el líquido es procesado por tratamientos químicos en los tanques, pero siempre el nivel de los tanques debe ser controlado y el flujo entre ellos regulado (Barajas, 2011).

Figura 3. Fotografía y diagrama representativo del Sistema de nivel de líquido de dos tanques interconectados.



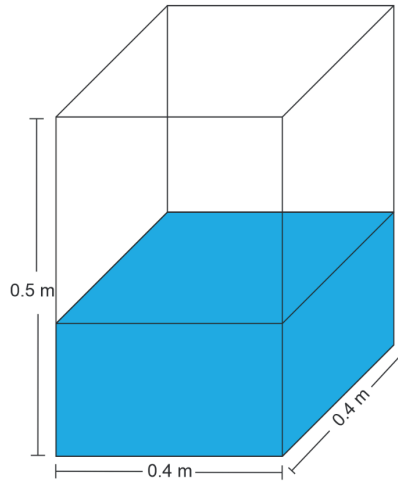
Este sistema de nivel de líquido es alimentado mediante una bomba periférica desde un contenedor de agua, el líquido es llevado desde este contenedor mediante tubería de PVC hasta el primer tanque (tanque superior), de este tanque, el líquido pasa a través de la primera electroválvula hasta depositarse en el segundo tanque (tanque inferior), de ahí, pasa a través de una segunda electroválvula para depositarse en el contenedor y así cerrar el ciclo.

Los tanques tienen dimensiones de 0.4 m de ancho, 0.4 m de fondo y 0.5 m de alto (como se muestra en la Figura 4). El sistema cuenta con dos sensores ultrasónicos de la marca Banner (Q45U) seleccionados para la detección sin contacto ni desgaste, de gran variedad de objetos mediante ondas en frecuencia y dos actuadores proporcionales



industriales de marca Honeywell (modelo ML6984), uno en cada tanque como se muestra en la Figura 3.

Figura 4. Dimensiones del tanque.



El modelo matemático no lineal del sistema se encuentra descrito por las ecuaciones (4) (Maldonado, 1999).

$$\dot{h}_1(t) = \frac{f_e}{A_t} - \frac{w_1(t)\sqrt{h_1(t)}}{A_t} \quad (4)$$

$$\dot{h}_2(t) = \frac{w_1(t)\sqrt{h_1(t)}}{A_t} - \frac{w_2(t)\sqrt{h_2(t)}}{A_t}$$

$$\dot{w}_1(t) = \frac{K_{e1}}{T} v_1(t) - \frac{1}{T} w_1(t)$$

$$\dot{w}_2(t) = \frac{K_{e2}}{T} v_2(t) - \frac{1}{T} w_2(t)$$

donde: donde  $h_i$ ,  $w_i$  y  $v_i$ ;  $i = 1, 2$ , son los niveles del  $i$ -ésimo tanque, el factor de apertura de la  $i$ -ésima electroválvula y el voltaje de entrada a la  $i$ -ésima electroválvula respectivamente;  $A_t$  es el área de sección transversal de cada tanque;  $T$ ,  $Ke_1$ ,  $Ke_2$  son las constantes de tiempo y las ganancias estáticas de las válvulas respectivamente;  $f_e$  es el flujo de entrada constante al tanque 1.

### 2.3 MODELADO DIFUSO TAKAGI-SUGENO DE UN SISTEMA DE NIVEL DE LÍQUIDO

A partir del modelo no lineal del sistema hidráulico (4) se construye su representación convexa T-S (3), para lo cual se obtiene su modelo lineal “equivalente” por medio de la serie de Taylor dado por (5).

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (5)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

donde  $x(t) \in \mathbb{R}^n$  es el vector de estado,  $y(t) \in \mathbb{R}^m$  es el vector de salida,  $u(t) \in \mathbb{R}^l$  es el vector conocido de entrada y  $A, B, C$  son matrices conocidas.

y obteniendo las matrices lineales  $A, B, C$  de acuerdo a Ogata, (2001), y Maldonado, (1999) se obtiene las expresiones (6).

$$A_i = \begin{bmatrix} -\frac{w_1}{2A_t\sqrt{h_1}} & -\frac{\sqrt{h_1}}{A_t} & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & -\frac{1}{T_1} & \mathbf{0} & 0 \\ \frac{w_1}{2A_t\sqrt{h_1}} & \frac{\sqrt{h_1}}{A_t} & -\frac{w_2}{2A_t\sqrt{h_2}} & -\frac{\sqrt{h_2}}{A_t} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{K_{e1}}{T_1} & 0 \\ 0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \frac{K_{e2}}{T_2} \end{bmatrix}; \quad C_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

donde:  $w_1$  y  $w_2$  factores de apertura de electroválvulas;  $h_1$  y  $h_2$  alturas deseadas en los tanques;  $T_1$  y  $T_2$  constantes de tiempo de apertura de electroválvulas;  $K_{e1}$  y  $K_{e2}$  constantes de proporcionalidad de electroválvulas;  $A_t$  área transversal de cada tanque,  $A_t = 0.16 \text{ m}^2$  (tanques iguales);  $i=1, 2, 3$  y  $4$ .

Cuando se modela un sistema no lineal mediante una representación tipo T-S, el número de reglas normalmente es determinado por la exactitud requerida. En general un mayor número de reglas lleva a una exactitud mayor; sin embargo, entre mayor número de reglas el modelo resultante se transforma en uno más complejo. Para evaluar la técnica

de modelado difuso T-S dada por (3), se consideran cuatro reglas difusas (cuatro puntos de operación), que representan los subsistemas lineales que modelan al sistema no lineal (4). (Anzures, 2016).

Punto de operación 1: nivel tanque 1 bajo, nivel tanque 2 bajo.

Punto de operación 2: nivel tanque 1 bajo, nivel tanque 2 alto.

Punto de operación 3: nivel tanque 1 alto, nivel tanque 2 bajo.

Punto de operación 4: nivel tanque 1 alto, nivel tanque 2 alto.

Considerando un nivel bajo en el tanque de 0 m a 0.25 m y un nivel alto de 0.25 m a 0.5 m.

Las funciones de membresía elegidas para este caso están expresadas por las ecuaciones (7) (Anzures 2006, 2016).

$$M_1(x_1) = \left[ 1 - \frac{1}{1 + e^{-35\left(x_1 - \frac{\pi}{12.5}\right)}} \right] \left[ \frac{1}{1 + e^{-35\left(x_1 + \frac{\pi}{12.5}\right)}} \right]$$

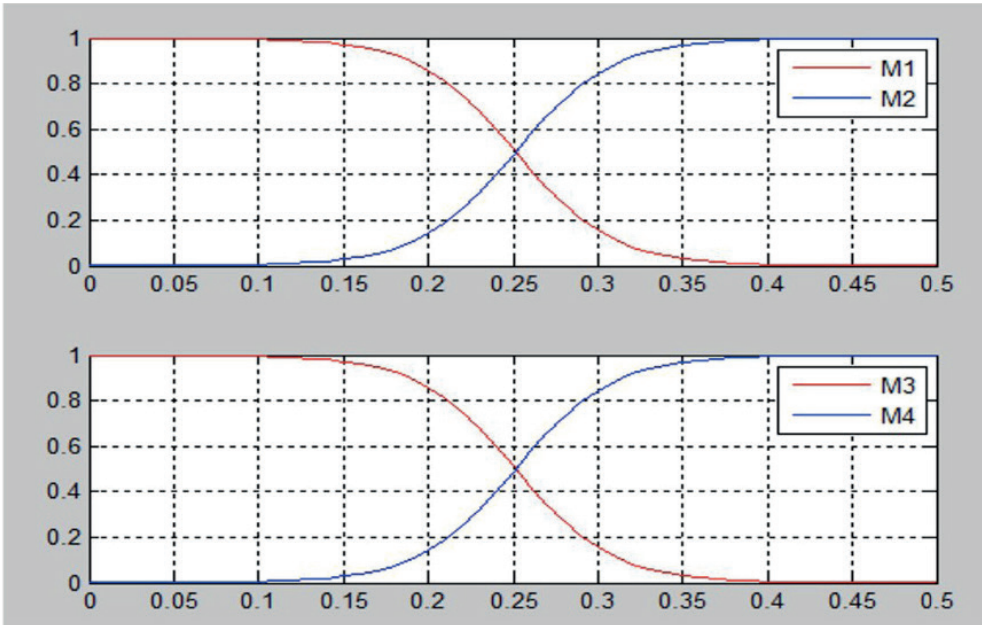
$$M_2(x_1) = 1 - M_1(x_1)$$

$$M_3(x_3) = \left[ 1 - \frac{1}{1 + e^{-35\left(x_3 - \frac{\pi}{12.5}\right)}} \right] \left[ \frac{1}{1 + e^{-35\left(x_3 + \frac{\pi}{12.5}\right)}} \right]$$

$$M_4(x_3) = 1 - M_3(x_3)$$
(7)

donde  $x_1$  y  $x_3$  son estados del sistema, respectivamente altura tanque 1 y altura tanque 2. Las funciones de membresía seleccionadas corresponden a funciones tipo sigmoide, las cuales se comportan semejante a procesos naturales reales que muestran una progresión pequeña al principio, la que se incrementa y se aproxima a un máximo con el paso del tiempo. Este tipo de función es usada cuando un modelo matemático podría tener cierta incertidumbre del modelado. La función se muestra en la Figura 5 y se utiliza para ambos tanques.

Figura 5. Funciones de membresía del tanque uno y tanque dos.



Así, el modelo difuso T-S del sistema se puede describir de acuerdo a (2), obteniéndose las reglas: (Anzures 2016):

Regla para el modelo 1:

$$\text{SI } x_1 \text{ es } M_1 \text{ y } x_3 \text{ es } M_3 \text{ ENTONCES } \begin{cases} \dot{x}(t) = A_1x(t) + B_1u(t) \\ y(t) = C_1x(t) \end{cases}$$

Regla para el modelo 2:

$$\text{SI } x_1 \text{ es } M_1 \text{ y } x_3 \text{ es } M_4 \text{ ENTONCES } \begin{cases} \dot{x}(t) = A_2x(t) + B_2u(t) \\ y(t) = C_2x(t) \end{cases}$$

Regla para el modelo 3:

$$\text{SI } x_1 \text{ es } M_2 \text{ y } x_3 \text{ es } M_3 \text{ ENTONCES } \begin{cases} \dot{x}(t) = A_3x(t) + B_3u(t) \\ y(t) = C_3x(t) \end{cases}$$

Regla para el modelo 4:

$$\text{SI } x_1 \text{ es } M_2 \text{ y } x_3 \text{ es } M_4 \text{ ENTONCES } \begin{cases} \dot{x}(t) = A_4x(t) + B_4u(t) \\ y(t) = C_4x(t) \end{cases}$$

donde  $A_i$ ,  $B_i$  y  $C_i$  son los modelos lineales del sistema dados por (6) evaluados en los puntos de operación.

En las Tablas 1 a 4, se muestran los valores de las constantes respectivas de cada subsistema, obtenidos con base en la experimentación con el sistema de nivel de líquido.

Tabla 1. Punto de operación del Subsistema 1 (bajo - bajo).

$C_t = 0.16 \text{ m}^2$	
$h_1 = 0.06 \text{ m}$	$h_2 = 0.12 \text{ m}$
$T_1 = 8.41 \text{ s}$	$T_2 = 12.2 \text{ s}$
$R_1 = 0.01643$	$R_2 = 0.02213$
$I_{e1} = - 0.0022$	$I_{e2} = - 0.0022$

Tabla 2. Punto de operación del Subsistema 2 (bajo - alto).

$C_t = 0.16 \text{ m}^2$	
$h_1 = 0.13 \text{ m}$	$h_2 = 0.25 \text{ m}$
$T_1 = 8.41 \text{ s}$	$T_2 = 8.99 \text{ s}$
$R_1 = 0.01643$	$R_2 = 0.01643$
$I_{e1} = - 0.0021$	$I_{e2} = - 0.0021$

Tabla 3. Punto de operación del Subsistema 3 (alto - bajo).

$C_t = 0.16 \text{ m}^2$	
$h_1 = 0.47 \text{ m}$	$h_2 = 0.13 \text{ m}$
$T_1 = 7.54 \text{ s}$	$T_2 = 12.2 \text{ s}$
$R_1 = 0.01472$	$R_2 = 0.02213$
$I_{e1} = - 0.0021$	$I_{e2} = - 0.0023$

Tabla 4. Punto de operación del Subsistema 4 (alto - alto).

$C_t = 0.16 \text{ m}^2$	
$h_1 = 0.39 \text{ m}$	$h_2 = 0.37 \text{ m}$
$T_1 = 7.25 \text{ s}$	$T_2 = 8.68 \text{ s}$
$R_1 = 0.01415$	$R_2 = 0.01586$
$I_{e1} = - 0.0021$	$I_{e2} = - 0.0021$

Ahora sustituyendo estos valores en (6) para obtener cada uno de los modelos lineales propuestos, se obtiene (8) – (11).

$$A_1 = \begin{bmatrix} -0.2263 & -1.6528 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & -0.1189 & \mathbf{0} & 0 \\ 0.2263 & 1.6528 & -0.2155 & -2.3375 \\ 0 & 0 & 0 & -0.082 \end{bmatrix}; \quad (8)$$

$$B_1 = 1 \times 10^{-3} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.2616 & 0 \\ 0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -0.2616 \end{bmatrix}; \quad C_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} -0.1537 & -2.4329 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & -0.1189 & \mathbf{0} & 0 \\ 0.1537 & 2.4329 & -0.1109 & -3.3738 \\ 0 & 0 & 0 & -0.1112 \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$$B_2 = 1 \times 10^{-3} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.2497 & 0 \\ 0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -0.2497 \end{bmatrix}; \quad C_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} -0.0724 & -4.6259 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & -0.1326 & \mathbf{0} & 0 \\ 0.0724 & 4.6259 & -0.2071 & -2.4329 \\ 0 & 0 & 0 & -0.082 \end{bmatrix}; \quad (10)$$

$$B_3 = 1 \times 10^{-3} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.2785 & 0 \\ 0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -0.2785 \end{bmatrix}; \quad C_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} -0.0764 & -4.2139 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & -0.1379 & \mathbf{0} & 0 \\ 0.0764 & 4.2139 & -0.0880 & -4.1044 \\ 0 & 0 & 0 & -0.1152 \end{bmatrix}; \quad (11)$$

$$B_4 = 1 \times 10^{-3} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -0.2897 & 0 \\ 0 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & -0.2897 \end{bmatrix}; \quad C_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \mathbf{0} \\ 0 & 0 & 1 & \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

### 3 RESULTADOS

Para poder validar la efectividad del modelo difuso T-S se realizan las pruebas de comparación de los datos tanto del modelo del sistema dado por (4); el mismo modelo de (4) más una señal de entrada desconocida al sistema (4) y del sistema en tiempo real todos comparados con el obtenido del modelo difuso T-S; cabe mencionar que para poder mantener al sistema en una referencia fija (alturas deseadas) y poder comparar los resultados de ambos sistemas, se implementó un sistema de control en lazo cerrado del tipo Proporcional Integral Derivativo (PID) (que esta parte no es el objetivo de este trabajo).

El diagrama y código de programación con los cuales se obtuvieron los resultados de simulación del modelo difuso T-S se realizaron con ayuda del software Simulink® de Matlab®. Los resultados del sistema de nivel de líquido en tiempo real fueron obtenidos usando el mismo software estableciendo comunicación con el sistema de nivel de líquido mediante la tarjeta de adquisición de datos USB-6008 DAQ de National Instruments.

Primeramente, en la figura 6 y 7 se muestran los resultados de simulación de la altura del tanque uno y dos respectivamente al comparar el modelo dado por (4) del sistema con el modelo difuso T-S diseñado. De estas respuestas se puede ver que ambas respuestas de los modelos difusos T-S de los tanques 1 y 2 convergen al estado real de la planta.

Figura 6. Nivel real y estimado tanque uno en simulación.

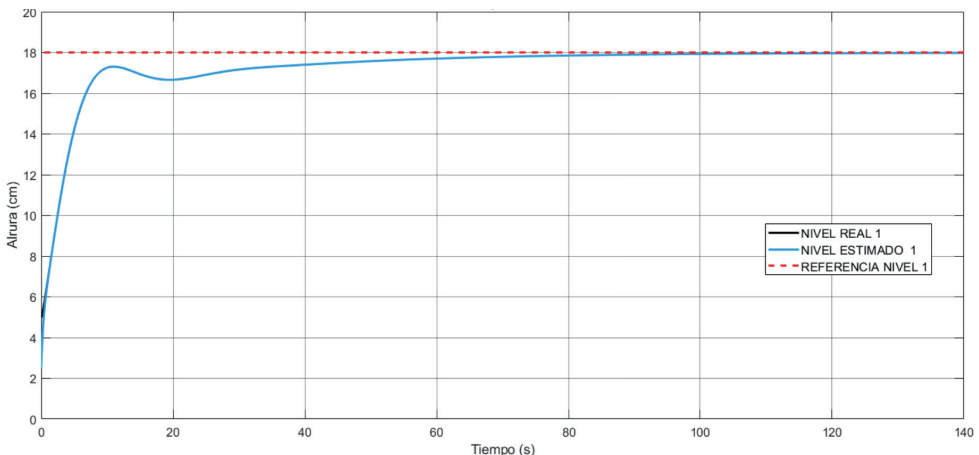
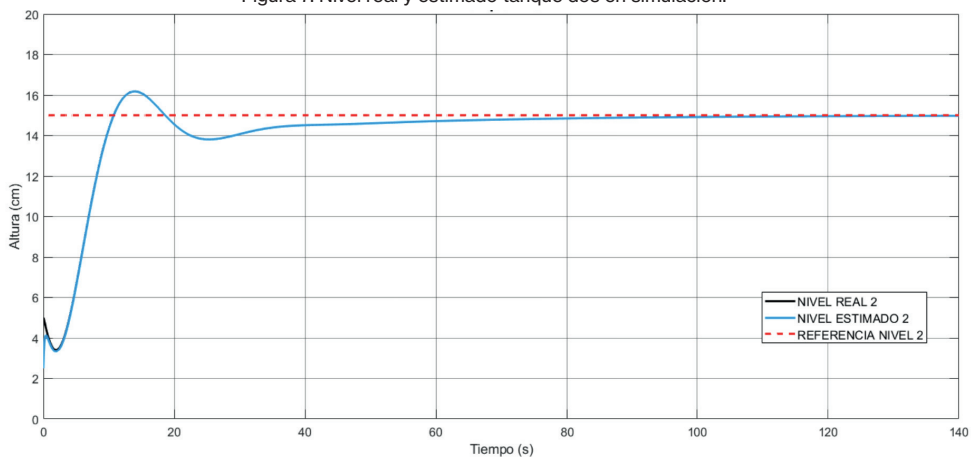


Figura 7. Nivel real y estimado tanque dos en simulación.



En las figuras 8 y 9 se muestra un acercamiento de las alturas reales y estimadas del tanque uno y dos respectivamente con la finalidad de observar el tiempo de convergencia en ambos tanques. Se puede observar que el tanque uno converge en un tiempo de 1.5 segundos sin tener sobre impulso, mientras que el tanque dos converge en un tiempo igual a 6 segundos sin tener sobre impulso. Ambos esquemas convergen en un 100% a los estados reales.

Figura 8. Acercamiento convergencia nivel estimado y real tanque uno en simulación.

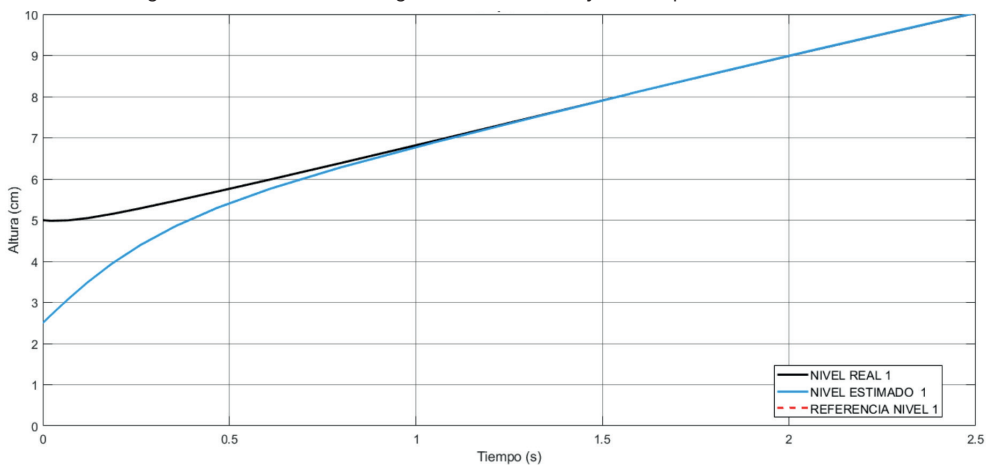
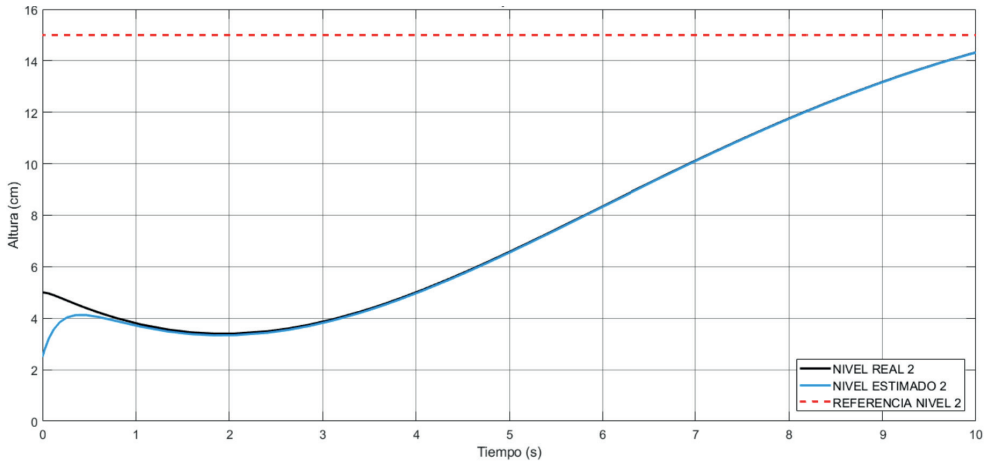




Figura 9. Acercamiento convergencia nivel estimado y real tanque dos en simulación.



En la figura 10 y 11 se muestran los resultados de simulación de la altura del tanque uno y dos respectivamente al comparar el modelo dado por (4) más una entrada desconocida (ruido gaussiano) que simula el ruido en la medición por el movimiento del líquido en los tanques, contra el modelo difuso T-S diseñado. De estas respuestas se puede ver que ambas respuestas de los modelos difusos T-S de los tanques uno y dos convergen al estado real de la planta aún en presencia de entradas desconocidas.

Figura 10. Nivel real y estimado tanque 1 con entrada desconocida.

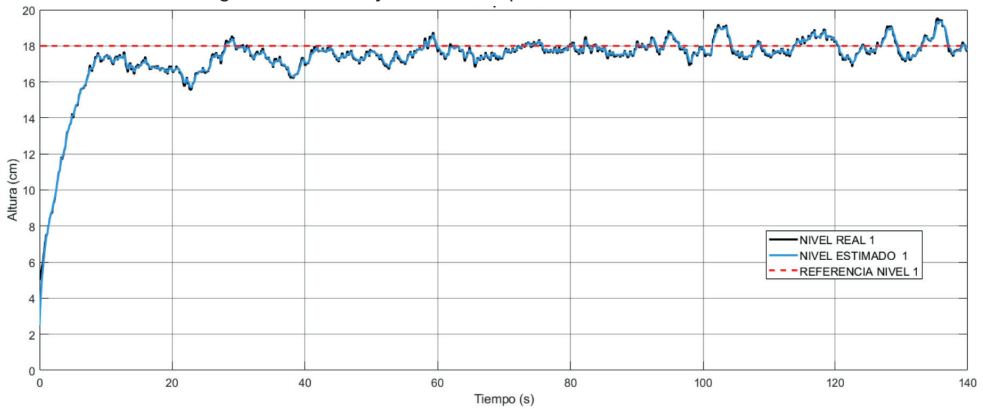
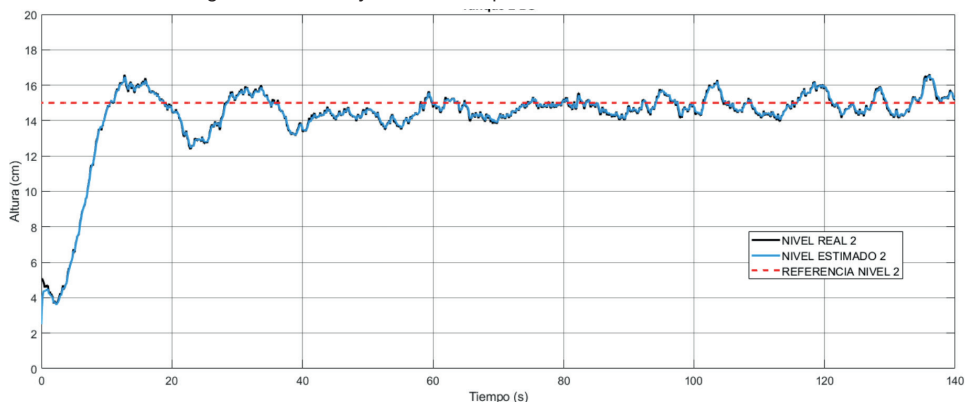
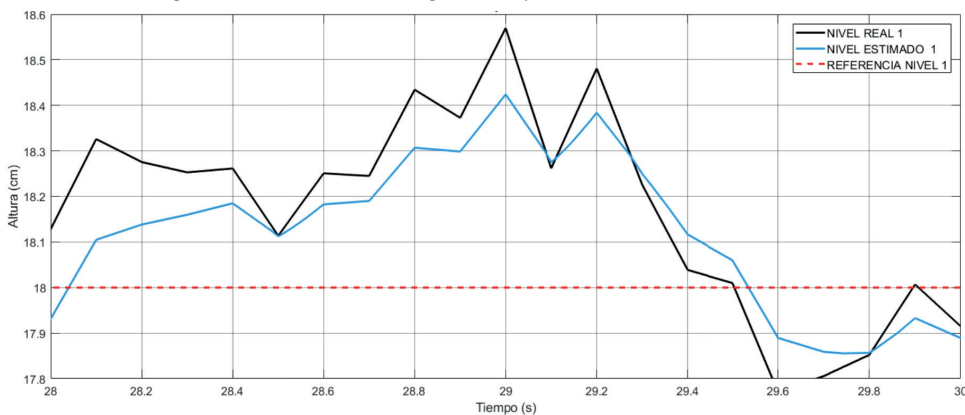


Figura 11. Nivel real y estimado tanque 2 con entrada desconocida.



En la figura 12 se muestra un acercamiento de la altura real y estimada del tanque uno. Al hacer este acercamiento es más fácil ver las diferencias entre las respuestas; de aquí se tiene un error de convergencia en porcentaje de  $\pm 1.14\%$ ; esto se traduce en un error de convergencia de  $\pm 0.21\text{cm}$

Figura 12. Acercamiento convergencia tanque uno con entrada desconocida.



En las Figuras 13 y 14, se muestran los resultados obtenidos de la altura de del tanque uno y dos respectivamente tanto para el sistema real como del modelado difuso T-S donde se puede observar que las respuestas son bastaste semejantes, aunque es notorio que existe cierto error de convergencia.

Figura 13. Nivel real y modelado T-S (estimado) del tanque uno.

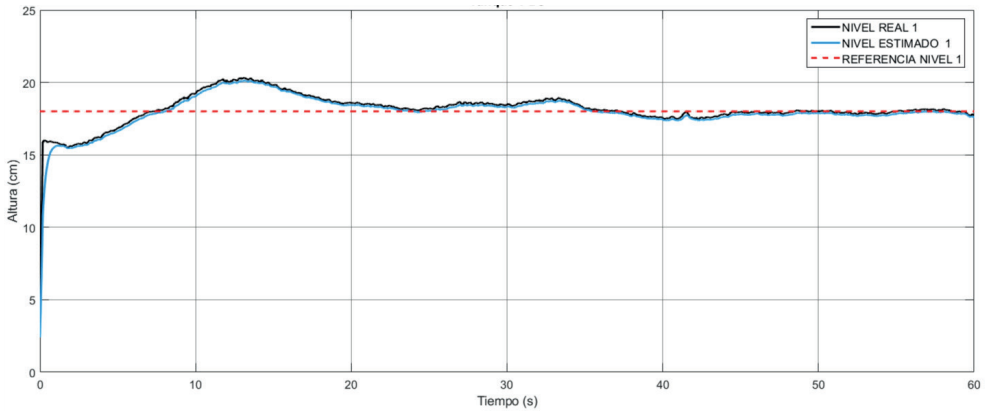
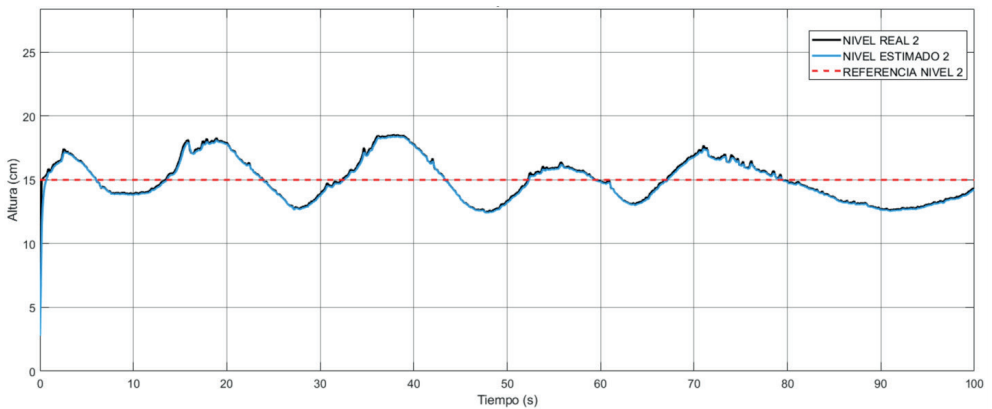


Figura 14. Nivel real y modelado T-S (estimado) del tanque dos.



En las Figuras 15 y 16 se muestra un acercamiento de las alturas reales y estimadas del tanque uno y dos respectivamente con la finalidad de observar el error y tiempo de convergencia en ambos tanques. Al hacer este acercamiento se puede ver que en el tanque uno converge a la altura real a los 1.3 segundos con un error porcentual de  $\pm 1.1\%$  y para el tanque dos se tiene que converge en un tiempo de 1.3 segundos con un error porcentual de  $\pm 1.6\%$ .

Figura 15. Acercamiento tanque uno en el sistema real.

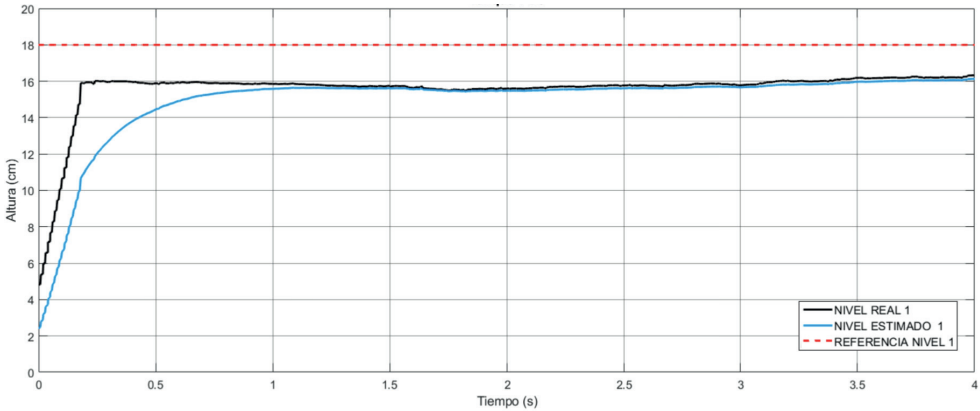
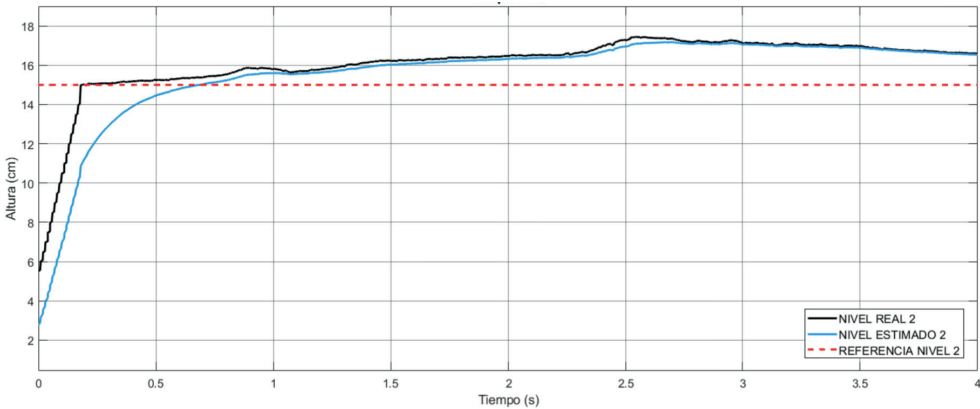


Figura 16. Acercamiento tanque dos en el sistema real.



## 4 CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron algunos aspectos generales y la metodología del modelado en ingeniería, haciendo énfasis en una metodología para modelos difusos tipo Takagi-Sugeno para un sistema no lineal real.

Se desarrolló el modelo difuso T-S de un sistema de nivel de líquido con la idea de no perder generalidad o detalles importantes en su operación no lineal, se analizó y estructuró el modelo en espacio de estado considerando las dinámicas principales de su funcionamiento.

El ejemplo de aplicación utilizado (Sistema hidráulico no lineal de dos tanques interconectados) permite demostrar la efectividad de la metodología de modelado difuso como sistemas lineales en diferentes puntos de operación de un sistema real.

En el modelado difuso se consideraron solo cuatro reglas difusas que sirven para determinar las funciones de membresía del sistema difuso. El modelo difuso se obtiene a partir del modelo lineal de la planta en distintos puntos de operación, en este caso cuatro puntos; por lo que se puede mencionar que la aproximación difusa T-S genera resultados satisfactorios aun cuando se tomaron pocos puntos de operación del sistema no lineal.

Para la validación del modelo se utiliza Simulink® de Matlab® corroborando una correcta representación del sistema No Lineal; por lo que las implementaciones de software como Simulink®, es fundamental en la predicción de su funcionamiento y permite asegurar que el sistema y sus componentes operen de una manera deseada; facilitan el desarrollo de modelos matemáticos para una posterior interpretación de quien los ejecuta; así como la facilidad de conexión con tarjetas de adquisición de datos de otros fabricantes.

Se obtuvieron resultados satisfactorios mediante simulación y en forma real, al modelar el sistema difuso T-S del nivel de líquido, demostrándose a través de los resultados que convergen a los estados reales de la planta, lo cual indica que el observador funciona como estimado, además del buen desempeño del modelo al compararlo con los resultados del sistema real; con un error de convergencia que se mantuvo por debajo de  $\pm 1.6\%$ .

## REFERENCIAS

Anzures-Marin, J. and Castillo-Toledo, B. (2006). The fault diagnosis problem: Sliding mode fuzzy dedicated observers approach. 2006 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, pages 1322-1328.

Anzures-Marin, R.-C. and F-Orozco, R.-Z. (2016). Diseño de un compensador difuso takagi-sugeno para un sistema de nivel de líquido de segundo orden. Vigésima Novena Reunión Internacional de Verano de Potencia, Aplicaciones Industriales y Exposición Industrial (RVP-AI).

Barajas A., (2011), "Implementación de esquemas de comunicación para el monitoreo y control remoto de un sistema de nivel de líquido", Tesis de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica, UMSNH.

Castillo Juan, Sarmiento S., Sanz A., (2007), "Algoritmo de Identificación Difusa Para el Modelamiento de un Tanque Calentado por Serpentin con Agitación Continua", Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007).

Farfán Martínez R, Ruz Hernández J. A., García Hernández R., Rullán Lara J. L., Pitalúa Díaz N., (2007), "Control Difuso Takagi-Sugeno Aplicado al Equipo Didáctico de la Bola y la Viga", Congreso Nacional de Control Automático A.M.C.A.

Maldonado, M., (1999). Teoría del regulador lineal, Tesis de maestría Cinvestav unidad Guadalajara.

Ogata, K. (2001), Modern control engineering. Prentice Hall PTR.

Takagi, T. and Sugeno, M., (1985) "Fuzzy Identification of Systems and its Application to Modeling and Control", IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,. Pag 116-132.

Zadeh L. A., (1965), "Fuzzy Sets", Information and Control, vol. 8, pp 338-353.

## SOBRE O ORGANIZADOR

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

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

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

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

### B

Bioestimulante 89, 90, 93

Bovinos 82

### C

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

Cepa nativa 89, 90

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

Composición vegetal 108

Composta 89, 90, 92, 93

Consciencia de identidad 48

Conservación 68, 108, 110

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

Cultura maya 48, 55

### D

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

Desigualdades regionales en México 1

### E

Ecosistema económico 1

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

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

Espacio de estados 120

## F

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

## I

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

Incendios forestales 108, 109, 110, 118, 119

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

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

Ingreso per cápita 1, 2, 3, 4

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

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

## L

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

Lenguaje R 97

## M

Maíz criollo 89, 90, 91, 92, 94

Mapudungum 32

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

## P

Patógenos 82, 83, 86, 87, 88, 93

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

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

Propuesta curricular 48, 49

## R

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

Resiliencia 90, 94, 108, 110

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

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

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



## S

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

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

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

Sistemas de nivel de líquido 120

## T

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

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

## U

Utilidad petrolera 97, 105, 106