

VOL IV

# Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers  
(Organizador)



EDITORA  
ARTEMIS

2025

VOL IV

# Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais

Eduardo Spers  
(Organizador)



EDITORA  
ARTEMIS

2025



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

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

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers
<b>Imagem da Capa</b>	Bruna Bejarano, Arquivo Pessoal
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

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

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

Prof.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)

E87 Estudos em ciências agrárias e ambientais IV [livro eletrônico] /  
Organizador Eduardo Eugênio Spers. – Curitiba, PR: Editora  
Artemis, 2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-59-8

DOI 10.37572/EdArt\_310725598

1. Ciências agrárias. 2. Ciências ambientais. 3.  
Sustentabilidade. 4. Agricultura sustentável. 5. Manejo de recursos  
naturais. I. Spers, Eduardo Eugênio. II. Título.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



## APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresentamos o volume IV da coletânea **Estudos em Ciências Agrárias e Ambientais**, resultado do esforço colaborativo de pesquisadores de diferentes regiões e instituições, que compartilham aqui reflexões, dados e contribuições relevantes para o avanço do conhecimento técnico-científico em suas áreas de atuação.

Este volume reúne 13 trabalhos organizados em cinco eixos temáticos que refletem a diversidade e complexidade do campo agrário e ambiental contemporâneo: Sistemas de Produção Aquático e Animal; Sustentabilidade Ambiental e Conservação de Recursos Naturais; Sistemas de Produção Vegetal e Agricultura de Precisão e Educação e Inovação no Meio Agrário.

Os temas abordados vão desde o manejo sustentável de recursos naturais, passando por inovações tecnológicas na agricultura e aquicultura, até discussões sobre formação profissional e segurança sanitária nas cadeias produtivas. Essa pluralidade é o reflexo da crescente interdisciplinaridade que caracteriza os estudos agrários e ambientais hoje – exigindo diálogos entre a ciência, a tecnologia, a educação, a economia e a sociedade.

Além da qualidade dos estudos apresentados, destacamos o compromisso dos autores com a pesquisa aplicada, a sustentabilidade e a busca por soluções adaptadas às realidades locais, muitas vezes desafiadoras. A presença de autores da América Latina e Europa também fortalece o caráter internacional da obra, fomentando o intercâmbio de experiências e metodologias.

Agradecemos a todos os autores pela confiança em compartilhar seus trabalhos conosco. Que esta publicação possa inspirar novas pesquisas, colaborações e, acima de tudo, práticas que contribuam com a construção de sistemas agrários e ambientais mais resilientes, justos e inovadores.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Eduardo Eugênio Spers

## SUMÁRIO

### SISTEMAS DE PRODUÇÃO AQUÁTICO E ANIMAL

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

EFFECTS OF INCLUSION OF PROBIOTIC *PEDIOCOCCUS ACIDILACTICI* IN DIETS WITH HIGH LEVELS OF SOYBEAN MEAL IN GROWTH AND INTERLEUKINS GENE EXPRESSION OF RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Jesus Manuel Segura-Campos

Luis Héctor Hernández-Hernández

Madison S. Powell

Mario Alfredo Fernández-Araiza

Susana Alejandra Frías-Gómez

Mauricio Castillo-Domínguez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255981](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255981)

#### **CAPÍTULO 2..... 13**

INTRASPECIFIC DENSITY EFFECT ON GROWTH OF *Marphysa* “SP”. JUVENILES

João Pedro Monteiro Ferreira Garcês

Pedro Marques Pousão Ferreira

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255982](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255982)

#### **CAPÍTULO 3..... 28**

MINI-ECOSISTEMA ACUÁTICO COMO MODELO DE ESTUDIO EN ECOFARMACOVIGILANCIA

Rafael Manuel de Jesús Mex-Álvarez

María Magali Guillen-Morales

David Yanez-Nava

María Esther Mena-Espino

Roger Enrique Chan-Martínez

Dylan Manuel Ferrer-Dzul

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255983](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255983)

#### **CAPÍTULO 4..... 38**

CONTROL PROGRAM OF SHEEP COCCIDIOSIS IN THE PRODUCTION CHAIN FROM THE BREEDER TO THE CONSUMER

Ivan Pavlović

Aleksandra Tasić

Jovan Bojkovski

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255984](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255984)

## SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

### **CAPÍTULO 5..... 68**

DETERMINACIÓN ANALÍTICA DEL NÚMERO DE INTERVALOS DE CLASES DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

José German Flores-Garnica

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255985](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255985)

### **CAPÍTULO 6..... 86**

PHYTOCLIMATIC DYNAMICS IN NATURAL OROMEDITERRANEAN FORESTS OF *Pinus sylvestris* L. IN THE CENTRAL SPANISH IBERIAN PENINSULA. SUITABILITY AND VERSATILITY UNDER CLIMATE CHANGE

Carmen Allué Camacho

Javier M. García López

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255986](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255986)

### **CAPÍTULO 7 .....102**

USO DE HUMUS DE LOMBRIZ PARA REVITALIZAR SUELOS DETERIORADOS POR PRODUCTOS QUÍMICOS

Julian Rene Perdomo Ramos

Tania Paola Perdomo Ramos

José Francisco Machado Carrillo

Edison Arturo Perdomo Ramos

Jirley Vanessa Rojas Gómez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255987](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255987)

## SISTEMAS DE PRODUÇÃO VEGETAL E AGRICULTURA DE PRECISÃO

### **CAPÍTULO 8.....125**

EL SISTEMA PRODUCTIVO ALGODÓN (*GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.) EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO

Ignacio Orona Castillo

Cirilo Vázquez Vázquez

Apolinar González Mancilla

Joaquín Osornio Córdova

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255988](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255988)

**CAPÍTULO 9.....133**

PRECIO DE MERCADO Y COSTOS DE CONSERVACIÓN DE SEMILLAS DE *Cedrela Odorata* L. DE POBLACIONES VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO, MÉXICO

Salvador Sampayo-Maldonado

Joel Rodríguez-Zúñiga

Horacio Bautista-Santos

Fabiola Sánchez Galván

Juan Sebastian Rodríguez Bravo

Oscar Del Ángel Piña

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3107255989](https://doi.org/10.37572/EdArt_3107255989)

**CAPÍTULO 10.....153**

CALCIUM CARBONATE APPLIED TO THE SUBSTRATE AND FOLIAR SPRAY IN TOMATO AND BELL PEPPER

Juan Manuel Soto Parra

Esteban Sánchez Chávez

Omar Cástor Ponce García

Rosa María Yáñez Muñoz

Nubia Guadalupe Torres Beltrán

Julio César Oviedo Mireles

Linda Citlalli Noperi Mosqueda

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31072559810](https://doi.org/10.37572/EdArt_31072559810)

**CAPÍTULO 11.....163**

AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN ARROZ: MAPEO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DEL SUELO Y SU IMPACTO CON EL RENDIMIENTO DE GRANO

Sergio Salgado Velázquez

Fabiola Olvera Rincón

Diana Rubi Ramos López

Pablo Ulises Hernández Lara

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31072559811](https://doi.org/10.37572/EdArt_31072559811)

## EDUCAÇÃO E INOVAÇÃO NO MEIO AGRÁRIO

### **CAPÍTULO 12 .....179**

LA ENSEÑANZA AGRICOLA Y LA FORMACIÓN DEL INGENIERO AGRÓNOMO Y SU IMPORTACIÓN EN LA AGRICULTURA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO

José Luis Gutiérrez Liñán

Carmen Aurora Niembro Gaona

Alfredo Medina García

Oscar Arce Cervantes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31072559812](https://doi.org/10.37572/EdArt_31072559812)

### **CAPÍTULO 13 .....192**

SECOND GENERATION FRUGAL INNOVATION - TOWARDS APPROPRIATE FRUGAL AGRICULTURAL INNOVATION FOR FAMILY FARMS IN ANGOLA

Jone Heitor Sebastião

Jean-Pierre Caliste

Henri Dou

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31072559813](https://doi.org/10.37572/EdArt_31072559813)

### **SOBRE O ORGANIZADOR..... 210**

### **ÍNDICE REMISSIVO ..... 211**

# CAPÍTULO 9

## PRECIO DE MERCADO Y COSTOS DE CONSERVACIÓN DE SEMILLAS DE *Cedrela Odorata* L. DE POBLACIONES VULNERABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO, MÉXICO

Data de submissão: 05/06/2025

Data de aceite: 27/06/2025

### Salvador Sampayo-Maldonado

Universidad Nacional  
Autónoma de México  
Facultad de Estudios Superiores Iztacala  
(UNAM-FESI)  
Unidad de Biología Tecnología y  
Prototipos (UBIPRO)  
Edo de Méx, Mexico  
<https://orcid.org/0000-0002-0221-8930>

### \*Joel Rodríguez-Zúñiga

Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca (ITSTA)  
Departamento de Posgrado e  
Investigación Tantoyuca, Veracruz, México  
<https://orcid.org/0000-0002-4038-8666>

### Horacio Bautista-Santos

Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca (ITSTA)  
Departamento de Posgrado e  
Investigación Tantoyuca, Veracruz, México  
<https://orcid.org/0000-0002-3925-2438>

### Fabiola Sánchez Galván

Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca (ITSTA)  
Departamento de Posgrado e  
Investigación Tantoyuca, Veracruz, México  
<https://orcid.org/0000-0002-6534-3210>

\* Autor de correspondencia, Tecnológico Nacional de México

### Juan Sebastian Rodríguez Bravo

Colegio de Postgraduados (COLPOS)  
Posgrado en Estadística Aplicada  
Texcoco, Méx, México  
<https://orcid.org/0000-0001-8525-9510>

### Oscar Del Ángel Piña

Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca (ITSTA)  
Departamento de Posgrado e  
Investigación Tantoyuca, Veracruz, México  
<https://orcid.org/0009-0007-0817-2383>

**RESUMEN:** El objetivo fue evaluar la distribución potencial de *Cedrela odorata* L. ante escenarios de Cambio Climático (CC) y analizar los costos para conservar semillas de poblaciones vulnerables (PV) y su precio de mercado futuro en un Banco de Semillas (BS). Se modeló la distribución potencial de *Cedrela odorata*. de acuerdo al modelo GISS-E2-1-G (del Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS) de la NASA), de la Fase 6 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados del Panel Intergubernamental (IPCC) sobre CC. Mediante el método de costo de recolección, se estimaron los costos de colecta y almacenamiento de semillas de la especie antes señalada en un BS de PV al CC. De acuerdo con los escenarios de CC para el año 2050 se prevé que, la distribución de las poblaciones disminuirán entre 17% y 21% de su distribución actual. El valor de una accesión

en el tiempo uno de almacenamiento, es 14.5 veces más que su precio en el mercado. Con una tasa de interés nominal de 8.24% para el año 2050, el costo de una accesión será nueve veces más a su valor presente o 130 veces más que su precio de mercado actual. Asimismo en el mercado de las semillas y con una tasa de inflación proyectada para el año 2050 el precio sería del 3.4 veces a su precio actual; sin embargo este valor es poco probable ya que la escasez incrementará la demanda y por lo tanto a su precio. Este trabajo es importante para la conservación del germoplasma de PV en un BS y representan una inversión estratégica debido al valor económico e importancia ambiental de la especie.

**PALABRAS CLAVE:** accesión; almacenamiento; cambio climático; costos; distribución.

## MARKET PRICE AND CONSERVATION COSTS OF *Cedrela Odorata* L. SEEDS FROM POPULATIONS VULNERABLE TO CLIMATE CHANGE, MEXICO

**ABSTRACT:** The aim was to evaluate the potential distribution of *Cedrela odorata* L. under Climate Change (CC) scenarios and to analyze the costs of conserving seeds from vulnerable populations (VP) and their future market price in a Seed Bank (SB). The potential distribution of *Cedrela odorata* was modeled according to the GISS-E2-1-G model (from NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS)), part of Phase 6 of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Coupled Model Intercomparison Project. Using the collection cost method, the costs of collecting and storing seeds of the aforementioned species were estimated in a BS from PV to CC. According to CC scenarios, by 2050, population distribution will decline by 17% to 21% from its current distribution. The value of an accession at storage time one is 14.5 times its market price. With a nominal interest rate of 8.24% in 2050, the cost of an accession will be nine times its present value, or 130 times its current market price. Likewise, in the seed market, with a projected inflation rate for 2050, the price would be 3.4 times its current price; however, this value is unlikely since scarcity will increase demand and therefore its price. This work is important for the conservation of PV germplasm in a BS and represents a strategic investment due to the economic value and environmental importance of the species.

**KEYWORDS:** accession; climate change; costs; distribution; storage.

### 1. INTRODUCCIÓN

*Cedrela odorata* L. es un árbol de la familia Meliaceae nativo de América, se distribuye desde el norte de México hasta la Argentina, se puede encontrar hasta los 1200 msnm y se desarrolla en los trópicos húmedos y subhúmedos (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023). En México se distribuye a lo largo del Golfo, desde el sur de Tamaulipas y el sureste de San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán, y en el Oeste del país, desde el sur de Sonora hasta el sur de Guerrero, en la Depresión Central y la costa de Chiapas (Hernández-Ramos *et al.* 2018). Es una especie muy valiosa con alta demanda en el mercado internacional y de gran importancia en la industria forestal mexicana; con extracción intensiva de su madera y el cambio del uso del suelo ha disminuido sus

poblaciones y áreas de distribución (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023); y es amenazada sujeta a protección especial bajo la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059) (PEF 2010). Como una estrategia para su conservación, se recomienda la colecta y almacenamiento de semillas de poblaciones potencialmente vulnerables al CC (Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022a, Sampayo-Maldonado *et al.* 2023).

Se pronostica que la escasez de la especie afectará a la industria de la madera y celulosa, a la empresa forestal comunitaria (EFC), y a la sociedad en general (Sáenz-Romero 2004). De acuerdo a Parmesan (2006), la escasez responde a una situación en la que la demanda futura supera la oferta prevista, por lo que depende, entre otras cosas, de la tasa de consumo actual y futuro (oferta-demanda) este rol afectará en la variación de los precios de mercado de los recursos naturales.

Los BS permiten una prolongada preservación de semillas en espacios pequeños y con riesgo mínimo de daño genético, por lo que se convierten en sitios estratégicos que requieren una inversión a mediano y largo plazo (De-Zhu Li y Hug 2009). Los modelos de valoración económica en germoplasma mencionan que el costo anual de operación de un BS es considerablemente menor que las ganancias que podrían obtenerse por el uso de genotipos de mayor rendimiento o con características superiores (Mora *et al.* 1999). Además de ser fuente de recursos genéticos útiles en ambientes futuros (Romo-Lozano *et al.* 2017).

El método adecuado para el análisis de costos por coleccionar semillas de especies forestales ante escenarios adversos es el Costo de Recolección (Ibarrarán *et al.* 2003, Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022b). Debido a la importancia de *C. odorata* en el mercado de las maderas preciosas e importancia ambiental, es importante medir la actividad económica por los costos de coleccionar semillas y su valor futuro por su almacenamiento aplicando una tasa de inversión por escasez del recurso (Brambila 2006, De-Zhu Li y Hug 2009). Estudios realizados sobre el análisis de costos de colecta y almacenamiento de germoplasma *ex situ* de especies forestales ante escenarios adversos por CC son los de Rodríguez-Zuñiga *et al.* (2022a) en especies del género *Pinus* y de Rodríguez-Zuñiga *et al.* (2022b) en árboles nativos de México. En ambos casos se pudo estimar, a través de diversas tasas de interés nominal por escasez, el valor presente y de un periodo de planeación de 28 años (año 2050) de muestras de semillas en un BS.

La conservación de semillas en un BS implica un costo social que debería sopesarse en relación con el valor que representa para la sociedad en general. En ese sentido se debe establecer un marco legal satisfactorio soportado por investigaciones para construir políticas públicas congruentes en la conservación del germoplasma de esta

y otras especies con importancia social, económica y ambiental. Los BS en las próximas décadas se posicionarán como espacios estratégicos para conservar el patrimonio florístico de México (Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022(a)). Bajos los argumentos antes señalados, este estudio tuvo como objetivo evaluar la distribución potencial de *C. odorata* en México ante escenarios adversos por CC y analizar los costos de la conservación y variaciones en el precio de mercado de muestras de semillas de poblaciones vulnerables en un BS ante dicho escenario

## 2. METODOS

El trabajo de investigación comprendió dos etapas:

**(1) Distribución potencial e identificación de zonas de colecta de semillas bajo escenarios de CC.** Los modelos de distribución de *C. odorata* se construyeron en MaxEnt con los datos de presencia de la especie, disponibles en bases de datos georreferenciadas para el país y se utilizaron las variables climáticas de BioClim (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023).

**Adquisición de datos:** Se construyó una base de datos de especímenes georreferenciados recolectados en el país, utilizando información contenida en la plataforma Global Biodiversity Information Facility (GBIF), de especímenes depositados en herbarios alrededor del mundo (<https://www.gbif.org/> (consultado el 2 de mayo de 2022)). Se depuró la base de datos para eliminar aquellos que eran incompletos o referencias ubicadas en zonas urbanas o agrícolas.

**Variables climáticas:** Se utilizaron 19 variables climáticas con una resolución espacial de 0,3 minutos de arco obtenidas de la base de datos BioClim 2019 (<http://www.worldclim.org/> (consultado el 9 de mayo de 2022), para el período de 1970 a 2000 para la actual distribución, a una resolución de 1 km<sup>2</sup> por píxel (Hijmans *et al.* 2005). Las capas en formato vectorial de uso de suelo y vegetación fueron tomadas de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad de México (CONABIO) (2015).

**Distribución actual:** Para obtener el área del hábitat climático óptimo bajo la distribución actual, se utilizó la versión 2.1 de BioClim con datos del período de 1970 a 2000. Los modelos de distribución de la especie (SDM) se construyeron con MaxEnt (versión de software 3.4.1<sup>®</sup>) (Phillips *et al.* 2017). Este proceso también se conoce como modelado de nicho ecológico debido a que se incluyeron solo variables climáticas (Phillips *et al.* 2017). Se implementó el método jackknife en MaxEnt, el cual indica la contribución relativa de cada variable climática al modelo. El programa se corrió nuevamente usando las variables climáticas que más contribuyeron al modelo para generar mapas. La distribución espacial

del hábitat climático óptimo se obtuvo de la herramienta ArcMap 9.3®, obteniendo el número de píxeles y transformando a km<sup>2</sup>. Finalmente, generamos mapas de distribución de la especie en el clima contemporáneo con una probabilidad mayor al 50%.

Distribución futura: Para obtener el área con hábitat climático óptimo se utilizó la versión 1.4 de BioClim. Los SDM se construyeron con MaxEnt (versión de software 3.4.1®) (Phillips *et al* 2017). Se descargaron las capas climáticas del Modelo de Circulación General (GCM) del Instituto Goddard de Estudios Espaciales (GISS) de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), de los Estados Unidos de América (GISS-E2-1-G). Estos se generaron usando los Modelos Regionales de la Fase 6 del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), proyectado para un horizonte futuro intermedio: año 2050 (con un promedio de 2041-2060); y un horizonte futuro lejano: año 2090 (con un promedio de 2081-2100). Con Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP1) de 2.6 y (SSP5) de 8.5 Watts/m<sup>2</sup> (emisiones de CO<sub>2</sub> moderadas y extremas) (Fernández-Eguiarte *et al.* 2015), se implementó el método jackknife en MaxEnt, el cual indicó la contribución relativa de cada variable climática al modelo. Se volvió a ejecutar el programa para generar mapas utilizando las variables climáticas que más contribuyeron al modelo. La distribución espacial del hábitat climático óptimo se obtuvo mediante la herramienta ArcMap 9.3® (obteniendo el número de píxeles y transformando a km<sup>2</sup>). Finalmente, generamos mapas de distribución de las especies bajo los escenarios climáticos futuros, con una probabilidad de distribución mayor al 50%.

Validación de modelos de distribución: Para la validación de modelos se siguieron las recomendaciones de Peterson y Soberón (2008). La prueba se llevó a cabo utilizando el 30% de los datos, que se eligieron al azar de todos los lugares donde la especie estaba presente. La bondad de ajuste de las predicciones del modelo se evaluó utilizando el área bajo la curva (AUC) de las características operativas del receptor (ROC). Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para probar la multicolinealidad entre las 21 variables ambientales (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023).

**(2) Costos de colecta y de almacenamiento de semillas para el periodo 2018 al 2050.** La unidad básica de evaluación fue de una accesión de semillas de tres poblaciones de *C. odorata*, que serán afectadas negativamente por el CC. Una accesión es una muestra de 3000 a 4000 semillas diferenciables e identificables de forma única, que representan un cultivar, una línea mejorada o una población, que se mantiene almacenada para su uso y conservación (Kameswara *et al.* 2007). Mientras que la forma de colecta, tratamiento y almacenamiento de las muestras fue de acuerdo al manual establecido por kamesawara *et al.* (2007).

Para el análisis de costos de colecta y almacenamiento de las accesiones, se utilizó el escenario de un BS en una Institución con infraestructura para fines de investigación y conservación en el centro de la República Mexicana. Se actualizó a valor actual la memoria de costos de colecta, de tratamiento y de almacenamiento de semillas de especies de pino en un BS, reportadas en el trabajo de Rodríguez-Zuñiga *et al.* (2022a) y su recomendación para investigaciones futuras de especies forestales comerciales y en estatus de protección *ex situ*.

Se obtuvo información de cotización y precios de semillas colectadas de algunas especies forestales por prestadores de servicios técnicos forestales (PSTF), y de funcionarios públicos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). Asimismo, se entrevistó a diversos investigadores de un BS con fines de investigación y conservación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), sobre la operatividad y de las formas de colecta de semillas en campo.

El proceso de evaluación económica consistió en: (a) cálculo de los costos totales (CT) (costos fijos (CF) más costos variables (CV)) de colecta, tratamiento, almacenamiento y mantenimiento de una muestra (accesión): al desconocer los CF (infraestructura y operación de una organización, en este caso un BS), se recurrió al criterio propuesto Pradhan (2011) y Brambila (2006) quienes sugieren que los (CT) es casi igual a dos veces el CV (Ec. 1. Cuadro 1); b) cálculo de la tasa de movimiento del valor de la producción forestal de *C. odorata* para el año 2050 ante escenario de CC o tasa de escases (Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022a) (Ec. 2., Cuadro 1), para ello se utilizó la serie de tiempo de los años 1993-2018, de una tercera parte del valor total de la producción foresta de maderas preciosas (CONAFOR-SEMARNAT 2019), la cual corresponde a la producción de *C. odorata* L. (Romo-Lozano *et al.* 2017). Esto representó la línea base para proyectar un modelo del valor de la producción para el año 2050 bajo un escenario de escasez por la reducción de las áreas de dichas especies); c) Valor de la semilla almacenada para el año 2050, la cual se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta por Brambila (2006) y metodología por Rodríguez-Zuñiga *et al.* (2022a) (Ec. 3, Cuadro 1). Esto es, usar una tasa nominal para obtener el valor futuro: 7% para cualquier proyecto de inversión recomendado por BANXICO (2022) más aquella tasa obtenida por escasez de recurso (*r*) (Brambila 2006, De-Zhu y Hug 2009, Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022a); y d) estimación del precio de mercado de la semilla de *C. odorata* para el año 2050, considerando el precio actual y el historial de los últimos 25 años de la tasa de inflación y su proyección para el año 2050 (Brambila 2006) (Ec. 4, Cuadro 1).

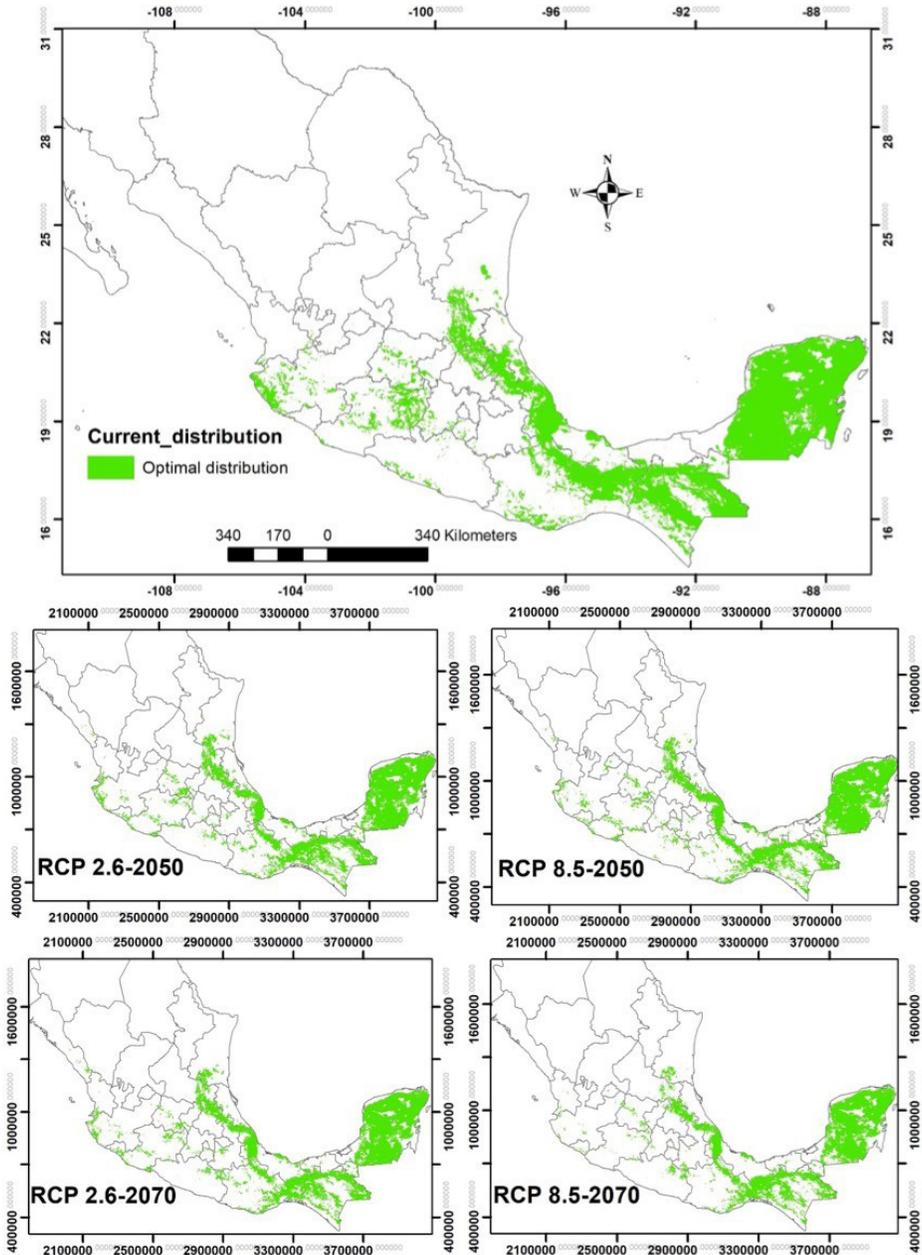
Cuadro 1. Resumen de ecuaciones utilizadas en el estudio.

Nombre	Desarrollo de ecuación
Costos totales de colecta y almacenamiento (CTCA)	$CTCA = 2(CV) \quad [1]$ Donde: CV = costos variables
Tasa de movimiento (r) de <i>C. odorata</i> ante escenario de CC.	$\left(\frac{VP2050}{VPA}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 = r \quad [2]$ Donde: VP2050 = Valor proyectado de la producción forestal de <i>C. odorata</i> para el año 2050; VPA = valor actual de la producción forestal del <i>C. odorata</i> L; t = tiempo en años para el 2050 (28 años); y r = tasa de movimiento.
Valor de la semilla almacenada para el año 2050 (VSA2050)	$VSA2050 = (CTCA) * (1+i)^t \quad [3]$ Donde: VSA2050 = valor de la semilla almacenada para el año 2050; i = tasa de rendimiento por almacenamiento de una accesión ante escenarios de escasez del recurso (7% más r); t = periodo de planeación por almacenamiento de semillas (28 años).
Precio de mercado de la semilla para el año 2050 (PM2050)	$PM2050 = (PAM) * (1+p)^t \quad [4]$ Donde: PM2050= precio de mercado de la semilla de <i>C. odorata</i> para el año 2050; PAM= precio actual de mercado de <i>C. odorata</i> ; p= tasa de inflación proyectada para el año 2050; t = periodo de planeación (28 años).

### 3. RESULTADOS

**Distribución potencial bajo escenarios de cambio climático.** Los modelos de la distribución tuvieron valores bajo la curva (AUC) de  $0.914 \pm 0.013$ ; Lo que indica un buen ajuste, con una probabilidad mayor al 50% de encontrar a la especie. De acuerdo con los escenarios de cambio climático del modelo GISS-E2-1-G, la distribución de las poblaciones de *C. odorata*, en el futuro van a disminuir entre 17 y 36% de su distribución actual (Figura 1). Según el método jackknife implementado en MaxEnt, las variables que más contribuyeron para la construcción del modelo de la distribución actual fueron: precipitación anual (33.4%), rango de temperatura anual (17.3%), precipitación del mes más seco (10%), precipitación del trimestre más húmedo (8.4%), tipo de suelo (7.4%) y la altitud (3.8%).

Figura 1. Distribución actual y proyectada para 2050 y 2090 de *C. odorata*, bajo escenarios de concentración SSP1-2.6 y SSP5-8.5 en el modelo GISS-E2-1-G.)



En el futuro cercano (2050), Con Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP) de 2.6 y 8.5 Watts/m<sup>2</sup>, se espera una reducción de las áreas de 17.02 y 21.88% respectivamente, con condiciones óptimas para la distribución de la especie; en

comparación con la distribución actual (Cuadro 2). En el escenario de menores emisiones de CO<sub>2</sub> (SSP1-2.6), se pronostica la disminución de poco más de un cuarto de la distribución actual. Se espera que en Zacatecas pierda condiciones adecuadas para la distribución de la especie. Mientras que en Aguascalientes se reducirá en un 90% la distribución de la especie. Las variables climáticas que más contribuyeron al modelo fueron: precipitación del trimestre más húmedo (39.6%), temperatura mínima del mes más frío (9.4%), estacionalidad de la temperatura (8.9%), el tipo de suelo (8.5%), precipitación del mes más seco (6.9%) y la altitud (5.1%). Para el escenario de mayores emisiones de CO<sub>2</sub> (SSP5-8.5), la distribución de la especie disminuye un 4.8% más que el escenario (SSP1-2.6). Para este escenario al igual que el anterior Zacatecas pierde condiciones óptimas para *C. odorata*. Mientras que Michoacana y Veracruz pierden el 50 y 30% de distribución de la especie, respectivamente. Esto es con respecto a la distribución actual. Las variables que más contribuyeron al modelo fueron: precipitación del trimestre más húmedo (44.1%), temperatura mínima del mes más frío (12.4%), el tipo de suelo (9.4%), precipitación del mes más seco (8.2%), estacionalidad de la temperatura (6.6%) y la temperatura del trimestre más frío (5.2%)

Cuadro 2. Área actual y pronosticada (km<sup>2</sup>) por estado, para las poblaciones de *C. odorata* de acuerdo a los escenarios de cambio climático según el modelo GISS-E2-1-G.

State	Current (km <sup>2</sup> )	Año 2050 (km <sup>2</sup> )		Año 2090 (km <sup>2</sup> )	
		SSP1 2.6	SSP5 8.5	SSP1 2.6	SSP5 8.5
Aguascalientes	5.38	0.54	341.79	2.67	74.88
Campeche	43648.58	39207.33	40340.71	38718.46	34125.32
Chiapas	43170.28	33731.74	30720.98	32008.64	28996.30
Colima	128.97	798.73	707.37	921.23	284.79
Durango	15.82	61.15	40.72	131.00	0.10
Guanajuato	2912.56	3579.74	3211.30	2262.50	1668.95
Guerrero	1883.87	2604.12	3300.78	2334.84	2157.30
Hidalgo	4596.02	3962.73	3903.36	4094.36	3899.23
Jalisco	7838.11	4547.02	3982.51	4335.85	1182.29
México	1159.53	597.24	521.07	630.06	304.49
Michoacán	10343.24	5393.54	5027.41	4730.42	1807.68
Morelos	333.59	386.38	456.86	179.81	87.89
Nayarit	305.44	797.77	505.45	816.80	298.56
Oaxaca	26566.00	25584.19	24146.94	25451.82	23190.35
Puebla	5068.06	3538.50	4293.92	4381.59	3632.53
Querétaro	1821.32	1535.19	1170.92	1735.01	673.59

Quintana Roo	39158.14	30421.86	30681.97	30499.23	28990.41
San Luis Potosí	6878.88	6930.75	6606.62	6446.17	3619.27
Sinaloa	15.93	276.69	347.98	534.39	4.69
Tabasco	3587.54	3635.52	3902.77	4116.39	2668.82
Tamaulipas	3571.97	4239.79	3960.92	4581.56	2620.61
Veracruz	30997.27	20135.70	21261.66	20890.68	18280.86
Yucatán	32653.51	29349.70	28848.72	29650.85	28360.32
Zacatecas	56.63	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Suitability area (km<sup>2</sup>)</b>	266716.63	221315.94	218282.73	219454.32	186929.24
<b>Decrement area (km<sup>2</sup>)</b>		45400.70	48433.90	47262.31	79787.39
<b>Decrement (%)</b>		17.02	21.88	21.65	36.36

Para el futuro lejano (2090), se espera una reducción de la distribución de la especie entre 21.65 y 36.36%, en comparación con la distribución actual (Ver Figura 1). En el escenario SSP1-2.6, se predice que Zacatecas pierda condiciones para la distribución de la especie. Además, en este escenario, Aguascalientes, Jalisco, México, Michoacán y Morelos pierden más del 50% de su distribución, con respecto a la distribución actual. Las variables que más contribuyeron en la construcción del modelo fueron: precipitación del trimestre más húmedo (42.6%), temperatura mínima del mes más frío (13.8%), el tipo de suelo (8.4%), estacionalidad de la temperatura (7.6%), precipitación del mes más seco (7.4%), y la temperatura del trimestre más frío (4.8%). Mientras que en el escenario SSP5-8.5, se pronostica una disminución de más de un tercio de la distribución de la especie, con respecto a la distribución actual. Zacatecas no presenta condiciones para la especie. Mientras que Durango y Michoacán perderán el 99 y 85% de su distribución, respectivamente. En este escenario Jalisco, México, Morelos, Querétaro y Sinaloa pierden más del 50% de la distribución de la especie. Las variables que más contribuyeron al modelo fueron: precipitación anual (21.7%), estacionalidad de la temperatura (16.9%), precipitación del trimestre más húmedo (16.1%), el tipo de suelo (8.9%), la altitud (7.3%), la precipitación del mes más seco (6.7%) y la temperatura del trimestre más frío (5.8%).

Para la recolección de las semillas de *C. odorata* se planeó realizarlas en poblaciones que por efecto del CC van a desaparecer. Por lo que se ubicaron en tres regiones del país (Cuadro 3): la zona sur, en el estado de Campeche que perderá hasta de 22% de condiciones óptimas para la especie, las poblaciones para coleccionar se ubican en el municipio de Candelaria; la zona centro, en el estado de Veracruz, que perderá más del 41% de superficie de la especie, las poblaciones para realizar colectas se ubican en el municipio de Chicontepec; y en la zona norte en poblaciones del Estado de Zacatecas, en

donde se pronostica que en un futuro no existan condiciones óptimas para la distribución de la especie, por lo que se espera que esas poblaciones desaparezcan.

Cuadro 3. Lugares de recolecta de semillas en poblaciones vulnerables al cambio climático.

Estado (región)	Municipio	Localidad	Coordenadas (UTM)	
			Latitud	Longitud
Campeche (sur)	Candelaria	Zacatonal	18.190708	-90.623186
Veracruz (centro)	Chicontepec	Las Güiras	21.067216	-98.101252
Zacatecas (norte)	Valparaíso	Los Tanques	22.603864	-104.058458

**Costos de colecta y de almacenamiento de semillas para el periodo 2023 al 2050.** El Cuadro 4 muestra a valores actuales (2023) los precios de las semillas colectadas en campo y almacenadas en las instalaciones del BS; asimismo el precio de esas semillas para el año 2050, utilizando para ello una proyección sobre el historial de la inflación en los últimos 25 años (tasa de 4.29% anual). Sólo existen dos precios: la región centro y la región norte y sur. Se destaca que, a precio actual, los costos de colecta representan el 72% de los costos totales o 257% más que por costos de almacenamiento. El precio de mercado de las semillas colectadas para el año 2050 sería del 3.4 veces **más en comparación a su precio actual (año 2023)**. Es importante señalar que el costo de almacenamiento se calculó en función al costo anual que representa para un BS, mantener una accesión en sus instalaciones, mientras que el costo de colecta es un valor en el momento o tiempo uno.

Cuadro 4. Actualización de costos de colecta y almacenamiento de semillas de *C. odorata* año 2023 y proyección 2050.

Concepto	Precios 2018		Precios 2023 ((p2018) (1+pminf) <sup>5</sup>		Precios 2050 (p2023) (1+nflpro) <sup>27</sup>	
	Región norte y sur	Región centro	Región norte y sur	Región centro	Región norte y sur	Región centro
(1) Actividades de campo						
Payment (salary) for collection (one person)	33.06	27.26	41.28	173.34	128.31	538.83
Salary for one researcher (team leader) during collection	74.40	59.52	92.89	74.31	288.76	231.01
Food per person (three people)	66.14	53.12	82.58	66.32	256.70	206.17

Transportation to the northern region of the country (three people)	82.66	0.00	103.21	0.00	320.82	0.00
Transportation to the central region of the country (three people)	0.00	41.34	0.00	51.62	0.00	160.45
Transportation to the southern region of the country (three people)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Airfare (three people)	173.62	0.00	216.78	0.00	673.85	0.00
Other (equipment and materials for the trip)	57.86	55.86	72.24	69.75	224.57	216.80
<b>Subtotal (1)</b>	<b>487.76</b>	<b>237.10</b>	<b>609.00</b>	<b>296.04</b>	<b>1893.01</b>	<b>1353.26</b>
(2) Permisos y envío de semillas						
Local permits	24.80	20.84	30.96	26.02	96.25	80.88
Shipment of seeds	20.66	0.00	25.80	0.00	80.19	0.00
<b>Subtotal (2)</b>	<b>45.46</b>	<b>20.84</b>	<b>56.76</b>	<b>26.02</b>	<b>176.44</b>	<b>80.88</b>
TOTAL= (1) + (2)	533.22	257.94	665.76	322.06	2185.04	1514.18
(3) Tratamiento de muestras, pruebas de viabilidad, germinación y almacenamiento						
<b>Subtotal (3)</b>	<b>173.34</b>		<b>216</b>		<b>671.44</b>	
<b>TOTAL= (1) + (2) + (3)</b>	<b>706.56</b>	<b>43.128</b>	<b>882.18</b>	<b>538.48</b>	<b>2740.89</b>	<b>2105.58</b>

Fuente: Elaboración propia, datos actualizados (2022) de la memoria de costos de colecta y de almacenamiento del trabajo de Rodríguez-Zúñiga et al. (2022). P2018= precios o cantidades del 2018; pminf= promedio de la inflación de cuatro periodos; infipro= inflación proyectada 2050.

Cálculo de la tasa de movimiento del valor de la producción forestal de *C. odorata* L. para el año 2050 ante escenario de CC o tasa de escasez: el Cuadro 5 resume las posibles pérdidas (USD) por reducción del área de distribución de *C. odorata*, consideran las series de tiempo 1993-2018 (CONAFOR-SEMARNAT, 2019), del VPF. Para ello se utilizó el promedio de tres modelos de proyección. En ese sentido, para mantener el proceso normal del valor de la producción de *C. odorata* para el año 2050 (de 753,064 (USD) a 936.064 (USD)) se requiere una tasa de cambio o de movimiento de 1.24% (r).

Cuadro 5. Valor de la producción forestal de madera preciosa según escenarios de cambio climático.

Modelo de proyección	VPFtp <sub>2050</sub> (USD)	VPFcd(1/3) <sub>2050</sub> (USD)	PPFce <sub>2050</sub> (USD)		
			ES (-21.88%)	EC (-17.02)	Promedio (ES+EC)/2
Lineal (R <sup>2</sup> = 0.058)	3,368,240	1,122,747	877,089.696	930,839.441	903,964.569
Logarítmico (R <sup>2</sup> = 0.14)	1,578,947	526,316	411,157.799	436,354.34	423,756.07
Potencial (R <sup>2</sup> = 0,21)	3,477,388	1,159,13	905,511.835	961,003.344	933,257.589
Promedio	2,808,192	<b>936,064</b>	731,253	776,066	<b>753,659</b>

Donde: VPFtp<sub>2050</sub> = valor de la producción forestal total de maderas preciosas proyectada para el año 2050; ES= escenario severo (reducción de 21.88 %), EC= escenario conservador (reducción de 17.02%); VPFcd(1/3)<sub>2050</sub> = participación en el valor de la producción forestal de la especie *C. odorata* proyectada para el año 2050 (una tercera parte, Romo-Lozano et al., 2017); PPFce<sub>2050</sub> = pérdidas por reducción de áreas promedio de *C. odorata* por de cambio climático.

Fuente: Elaboración propia.

Valor de la semilla almacenada para el año 2050: el Cuadro 6 resume el valor de la semilla almacenada o adquisición de *C. odorata* para el año 2050 (VSc2050), con una tasa de interés de 8.24: 7% por costo de oportunidad o tasa recomendada por BANXICO (2022), para proyectos productivos más un 1.24 % por la tasa sostenida para mantener el valor de la producción de *C. odorata* para el año 2050. Para el año 2050 estas tendrán 9 veces mayor a su valor actual. Mientras que su valor presente a precios de mercado es 14.5 veces más, ya que los PSTF ofertan a 51.0 (USD) una adquisición o un kilogramo de semilla. Ellos no distinguen el tipo de presentación. Y para ese año con una tasa de inflación proyectada del 4.29%, el precio de mercado de una adquisición sería de 310% más en comparación a su precio actual (51.0 USD).

Cuadro 6. Valor de la semillas almacenadas para el año 2050.

Ubicación de poblaciones de <i>Cedrela odorata</i> (coordenadas UTM)	Región	CTCA (USD)	VSc2050 (USD)	PSI 2050
Campeche: Longitud 18.190708 Latitud -90.623186	Sur	882.18	7,482.16	158.53
Veracruz: Longitud 21.067216 Latitud -98.101252	Centro	538.48	4,567.09	158.53
Zacatecas: Latitud 22.603864 Longitud -104.058458	Norte	882.18	7,482.16	158.53
Promedio		767.61	6,510.47	158.53

Donde: CTCA= costos totales de colecta y de almacenamiento; VSc2050= Valor de la semilla de *C. odorata* en el año 2050; PSI= precio de la semilla en el mercado con tasa de inflación proyectada año 2050.

#### 4. DISCUSIÓN

*Distribución potencial bajo escenarios de cambio climático.* El modelo de distribución actual de *C. odorata* coincide con la distribución del bioma del bosque tropical húmedo y parte del bosque tropical estacionalmente seco en Chihuahua, Sonora, Durango y Sinaloa (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023). Los modelos de distribución actual obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados por Hernández-Ramos *et al.* (2018) y de Sampayo-Maldonado *et al.* (2023). Las variables que más contribuyeron al modelo de distribución de la especie fueron: precipitación anual, rango de temperatura anual, precipitación del mes más seco y precipitación del trimestre más húmedo, con un aporte del (70%). Y coinciden con las variables para el modelado del nicho ecológico para esta especie de acuerdo con Hernández-Ramos *et al.* (2018) y Sampayo-Maldonado *et al.* (2023). A su vez, los resultados son comparables a la distribución potencial en México del hábitat climático óptimo para *S. macrophylla* (clasificada en la misma familia, Meliaceae) (Sampayo-Maldonado *et al.* 2023).

Los modelos de la distribución potencial para *C. odorata*, de acuerdo con el modelo de la NASA (GISS-E2-1-G), se espera la disminución de la distribución óptima en más del 36%. Se optó por utilizar este modelo por su resolución adecuada para estudios de impacto regional (Montero-Martínez *et al.* 2013). Por lo que las proyecciones tuvieron buen ajuste (AUC>0.92) en función del área bajo la curva. Las variables que más contribuyeron a la construcción de los modelos para la distribución de la especie fueron la precipitación anual, precipitación del trimestre más húmedo y la temperatura mínima del mes más frío. No obstante, con el escenario de CC se espera que el régimen de lluvias cambie, lo que va a intensificar la evaporación del agua del suelo y su capacidad para retener agua, lo que puede extender las sequías. El estrés por sequía va a limitar la distribución geográfica de la especie. Como una estrategia para conservar la diversidad genética de las poblaciones amenazadas por el CC, es importante recolectar semillas en las regiones que perderán condiciones adecuadas para la distribución de la especie.

*C. odorata* se propaga principalmente por semillas, son del tipo ortodoxas y no presentan latencia. Por lo que es importante analizar las respuestas de las semillas a las condiciones ambientales cambiantes, ya que los procesos fisiológicos involucrados en el crecimiento y desarrollo de los árboles están fuertemente influenciados por la temperatura ya que afecta los mecanismos hormonales implicados en la floración y fructificación, lo que va a impactar en la dispersión y por ende modelar la distribución de las especies. Por lo que este estudio sienta las bases para desarrollar estrategias para la conservación de semillas de poblaciones vulnerables al cambio climático.

### *Costos de colecta y de almacenamiento de semillas para el periodo 2018 al 2050.*

Costos de colecta es una metodología utilizada en valoración económica de los recursos naturales. Uno de los principales retos de esta metodología es identificar una o varias variables que estén regidas por reglas del mercado. Por ejemplo, sin considerar las externalidades -principal debilidad del método-, el costo de contaminar un manglar por desechos sólidos municipales es el valor que las empresas cobran por la recuperación de esos desechos (externalidad: no se considera el costo por el impacto ambiental por desechos sólidos) (Ibarrarán *et al.* 2003). Para el caso de especies forestales, existen empresas (PSTF) que colocan en el mercado semillas colectadas de especies con características deseables (e. g. resistentes, adaptables, productividad etc.). Sin embargo, ante la exigencia de calidad del germoplasma para formar una accesión digna de almacenarse en un BS, éstas organizaciones anteponen la cantidad más que la calidad, siendo sus costos muy por debajo de una muestra que se va almacenar en un BS (USD \$51.0 con respecto USD %767.61 ). Por otro lado, el valor de la semilla obedecerá a su productividad. Por ejemplo, el valor del germoplasma de “palmito” almacenada en un BS, dependerá del rendimiento de esa variedad por hectárea (Mora *et al.* 1999). Desde el punto de vista ambiental el germoplasma tendrá un valor excedente que tendría que valorarse bajo otros criterios a efecto de reducir las externalidades. Esto también aplica para la semilla de *C. odorata*: especies valiosa no solo desde el punto de vista económico, sino también por su gran importancia ambiental. El precio futuro de mercado de la semilla (productos forestal no maderable) como de la madera (productos forestales maderables) no sólo dependerá de factores como la inflación (e.g. tasa de inflación proyectada de 4.29%) sino también a su abundancia o escasez. En ese sentido el incremento de la demanda (e.g. madera precisa muy apreciada, alto crecimiento anual e importante en la captura de carbono, germoplasma de poblaciones resistente a altas temperaturas, etc.) y su baja oferta aumentarán considerablemente su precio de mercado (Rodríguez-Zúñiga *et al.* 2022; Sampayo-Maldonado *et al.* 2023).

Cálculo de la tasa de movimiento del valor de la producción forestal de *C. odorata* L. para el año 2050 ante escenario de CC o tasa de escases: en cuanto a la metodología para calcular la tasa de interés del 8.24%, es similar al trabajo de Rodríguez-Zúñiga *et al.* (2022) (a), para especies forestales del género *Pinus* ante escenarios de CC. Asimismo se encuentra en el rango reportado por otros trabajos referentes a la conservación de germoplasma *ex situ* en un periodo de 25 años (1987-2022): 11% para la inversión en el mejoramiento y almacenamiento de semillas forestales comerciales por parte del Sistema Nacional para la Conservación de los Recursos Fitogenéticos del

Gobierno de los Estados Unidos (SNCRF-EU); 5.6% sobre las ganancias de almacenar el germoplasma de árboles frutales (Evenson *et al.* 1998); 5.0% utilizada por el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) (Pardey *et al.* 1999); 8.84 y 7.0 por almacenamiento de semillas de especies de *Pinus* y árboles nativos de México respectivamente en un BS ante escenarios de escasez por Cambio Climático (Rodríguez-Zuñiga *et al.* 2022(a); Rodríguez-Zúñiga *et al.* 2022 (b)).

La tasa de interés dependerá de los costos de oportunidad derivados de la productividad, importancia ambiental del recurso biológico almacenado o eventos adversos. La alta tasa de SNCRF-EU, según la FAO (1996), es porque este país es altamente competitivo, siendo una de las tres principales naciones que dominan la producción forestal global. En México y en el mundo el germoplasma de *C. odorata* tendría que tener un alto valor económico (e. g. madera preciosa) y ambiental (e. g. captura de carbón) (Romo-Lozano *et al.* 2017). De acuerdo a un inventario en el año 2017 de madera en pie de *C. odorata* el valor estimado fue de USD \$288, 328,788 (Romo-Lozano *et al.* 2017) por lo que si se considera que sus áreas se reducirán en promedio 19.5% y con una tasa sostenida por escases del 2.4% para el año 2050, las pérdidas estimadas serian de casi USD\$ 109,224,836 lo anterior sin tomar en cuenta los diversos beneficios ambientales que esta especie genera.

Valor de la semilla almacenada para el año 2050: en cuanto a su valor presente en el mercado con respecto a un BS la diferencia se debe a que, éste último requiere de un trabajo detallado de colecta por especialistas, estudios de biodiversidad, ensayos periódicos de viabilidad y una infraestructura con instalaciones más complejas. Las ventas de semillas por PSTF están diseñadas para maximizar ganancias y disminuir los costos, priorizando el volumen recolectado sobre la calidad del material biológico (la organización prefiere vender por kilogramo con respecto a una accesión). Es importante señalar que, para el periodo de evaluación no se consideró el valor presente de la accesión ante la erosión de la viabilidad de la semilla ni los costos beneficios por la escasez del recurso (e. g. valor económico y ambiental por la reducción y pérdidas de calidad del suelo forestal de *C. odorata*), así mismo escenario de variación de tasa de interés por costos de oportunidad (inflación, escenarios adversos del BS, etc.,) (Brambila 2006). En cualquiera de los casos, diversos autores (Evenson *et al.* 1998, De-Zhu Li y Hug 2009) consideran que cualquier inversión que se haga en investigación y conservación de los recursos filogenéticos en un BS son pocos, y que los beneficios económicos en términos de rentabilidad (beneficio marginal) siempre serán mayores al compararlos con el gasto de operación de un BS (costo marginal). En ese sentido la tasa de interés podrá incrementar y en ello el precio

en el mercado de semillas en un periodo largo (28 años) por almacenamiento. Por lo que en futuras investigaciones habrá que considerar las variables arriba señaladas tomando como base este trabajo.

Las semillas colectadas y conservadas ya sea *in situ* o *ex situ* pueden tener un valor agregado en el mercado para la agroforestería o restauración ecológica. Las experiencias en Brasil indican que los grupos socioculturales menos integrados con el mercado (e, g. los pueblos indígenas o campesinos) logran mejores resultados de sustento a través de la participación en el mercado de semillas (Urzedo *et al.* 2016). Así mismo en Sahel (África), con altos niveles de participación comunitaria, se priorizaron las especies mejor adaptadas al medio y de mayor importancia económica, posteriormente se recolectaron semillas de calidad y se produjeron plántulas para restaurar con éxito suelos degradados (Sacande y Berrahmound 2016). En México se ha documentado que, el mejor manejo de recursos forestales maderables y no maderables lo realizan empresas forestales comunitaria (EFC) (Rodríguez *et al.* 2022). En ese sentido para la conservación *in situ*, este trabajo puede ser referencia para: a) los dueños de los terrenos forestales o EFC y PSTF para dar valor agregado al germoplasma. Hay un costo de oportunidad por conservar *in situ*, ya sea a través de huertos semilleros o unidades forestales destinadas a producir semillas de especies comerciales o de restauración. Estas empresas pueden ahora cuantificar a través de este método propuesto un precio real o valor agregado de sus recursos forestal no maderable (e.g. semillas de *C. odorata* con características de poblaciones con una alta adaptabilidad a temperaturas más altas); b) el gobierno federal el cual es responsable del resguardo del patrimonio natural, este estudio representa un soporte para elaborar políticas públicas con visión estratégica anticipando posibles eventos (e.g. prevención, promoción y destinación de recurso para la conservación *in situ* y *ex situ* de especies forestales amenazadas por CC); c) para un BS con fines de conservación ya que, por el hecho de conocer el valor unitario de una accesión, disminuye los costos de oportunidad para proyectos en mejorar o ampliar sus instalaciones; asimismo inversión justa para su operación; y d) para la sociedad en general y academia, este es uno de los pocos trabajos que establece una metodología para evaluar *ex situ* los recursos forestales ante escenarios adversos.

La conservación *in situ* y *ex situ* representa una opción para que la sociedad, el gobierno y los propietarios de bosques manejen o conserven los recursos genéticos, al mismo tiempo les permite a los empresarios obtener ganancias. Es importante considerar que este estudio no incluye la medición monetaria de las ganancias o pérdidas de bienestar generadas por la conservación *ex situ* en un BS con las características propuestas. Sin

embargo, para estudios futuros de esta especie (*C. odorata*) u otras de importancia ambiental y económica, representa una propuesta metodológica y componente importante de un sistema del análisis de costos beneficios para la conservación de muestras de semillas en un BS.

## 5. CONCLUSIONES

*C. odorata* se verá afectada por el cambio climático, por lo que perderá condiciones óptimas para su distribución. En el futuro cercano (2050), se espera una reducción de la distribución de la especie de 17.02 y 21.88% respectivamente y para el futuro lejano (2090), entre 21.65 y 36.36% en comparación con la distribución actual. Por lo que se recomienda realizar colectas de semillas de la especie provenientes de zonas que serán afectadas por CC (e.g, de las tres regiones de colecta propuestas por este trabajo). Esta es una estrategia para la conservación de las poblaciones que se verán afectadas. En un Banco de Semillas en una Institución con infraestructura para fines de investigación y conservación en el centro de la República Mexicana, el valor de una accesión de *C. odorata* en el tiempo uno de almacenamiento, es 14.5 veces más que su precio en el mercado. Considerando una tasa de interés nominal de 8.24% en un periodo de 28 años (2050), el valor de una accesión será de 9 veces más que su valor presente. Y con una tasa de inflación proyectada de 4.29%, su precio en el mercado de las semillas en ese mismo periodo será de 3.1 veces más con respecto a su precio actual. Debido a la importancia ambiental y económica de *C. odorata*, este último valor (precio de mercado de las semillas) se incrementará en función del crecimiento de la demanda de la especie (principalmente por su alto interés en el mercado de las maderas preciosas y especie forestal importante en la captura de carbón) y baja oferta o escasez del germoplasma resistente al CC.

A pesar de los costos asociados con el mantenimiento y operación de un BS se resalta la contribución de estas instituciones para los empresarios, el gobierno y sociedad en general. Cualquier costo de inversión con fines para conservar el germoplasma *in situ* o *ex situ* siempre será menor a los beneficios que se pueden obtener por dichas acciones.

Este trabajo es referente para que un BS con objetivos arriba señalados estimen el valor de sus inventarios (de accesiones) y justificar los gastos de operación para su buen funcionamiento y en ese sentido, gestionar apoyos justos del Gobierno o instituciones nacionales e internacionales, ya que la preservación de especies forestales amenazadas ante escenarios adversos es un patrimonio natural universal. Asimismo para extender el periodo de almacenamiento para otras especies con una tasa de interés mayor o igual a 8.24%.

## REFERENCIAS

BANXICO. 2022. Certificados de La Tesorería de La Federación. Consultado 8 de agosto 2022. Disponible en <https://www.banxico.org.mx/>.

Brambila P. 2006. Bioeconomía: instrumentos para análisis económico. Edo México, Mexico, Sagarpa-Colpos. 284 p.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). Red Mundial de Información Sobre Biodiversidad (REMIB). (2015). Consultado 11 de abril. Disponible en 2022. [http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib\\_esp.html](http://www.conabio.gob.mx/remib/doctos/remib_esp.html).

CONAFOR-SEMARNAT (Comisión Nacional Forestal-Secretaría del Medio Ambiente and Recursos Naturales). 2019. Inventario Nacional Forestal y de Suelo. Consultado 12 febrero 2022. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/772>.

De-Zhu Li, WP Hug. 2009. The science and economics of ex situ plant conservation. *Trends in Plant Science* 14 (1): 614-621.

Evenson R, D Gollin, V Santaniello. 1998. Agricultural values of plant genetic resources. Wallingford, UK. CABI. 304 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1996. Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Leipzig, Germany. FAO. 82 p.

Fernández-Eguiarte A, J. Zavala-Hidalgo, R. Romero-Centeno, AC Conde-Álvarez, RI Trejo-Vázquez. 2015. Actualización de los Escenarios de Cambio Climático Para Estudios de Impactos, Vulnerabilidad and Adaptación en México and Centroamérica; Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología and Cambio Climático, Ciudad de México, México. Secretaría de Medio Ambiente and Recursos Naturales-Instituto de Geografía, UNAM. 303 p.

Hernández-Ramos J, R Reynoso-Santos, A Hernández-Ramos, X García-Cuevas, E Hernández-Máximo, JV Cob-Uicab, D Sumano-López. 2018. Historical, current and future distribution of *Cedrela odorata* in Mexico. *Acta Botánica Mexicana* 124 (1): 117-134.

Hijmans RJ, SE Cameron, JL Parra, PG Jones, A Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(1): 1965-1978.

Ibarrarán V, C Islas, E Mayett. 2003. Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso. *Gaceta Ecológica* 67(1): 69-82.

Kameswara N, J. Hanson, M Ehsan, K Ghosh, D Nowell, M Larinde. 2007. Manual Para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma. Roma, Italy. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación and la Agricultura (FAO). 182 p.

Montero-Martínez MJ, W Ojeda-Bustamante, JS Santana-Sepúlveda, R Prieto-González, R Lobato-Sánchez. 2013. Sistema de consulta de proyecciones regionalizadas de cambio climático para México. *Tecnología Y Ciencias Del Agua* 4(2): 113-128. <https://www.revistatycya.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/356>

Mora U, A Bogantes, C Arroyo. 1999. Cultivares de pejibaye para palmito. In J Mora, J Gainza eds. Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) su cultivo e industrialización. San José, Costa Rica. Editorial U.C.R. p. 41-47.

Pardey PG, B Skomand, S Taba, ME Van Dusen, BD Wright. 1999. The cost of conserving maize and wheat genetic resources ex situ. In M Smale eds. Farmers, gene banks and crop breeding economic analyses of diversity in wheat, maize and rice, Edo México, México. CIMMYT/Kluwer Academic Publishers. p. 35-55.

Parmesan C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. Annual Review of Ecology. *Evolution, and Systematics* 37 (1): 637-669.

Peterson AT, J Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modelling *Ecol. Modell* 213(1): 63–72.

Phillips SJ, RP Anderson, M Dudík, RE Schapire, ME Blair. 2017. Opening the black box: An open-source release of MaxEnt. *Ecography* 40(1): 887–893.

PEF (Poder Ejecutivo Federal). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Consultado 07 de abril 2023. Disponible en <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>

Pradhan S. 2011. Retailing Management: Text and Cases; New York, USA. Tata McGraw-Hill Education. 613 p.

Rodríguez-Zúñiga J, CM Flores-Ortiz, MJ González-Guillén, R. Lira-Saade, NI Rodríguez-Arévalo, P Dávila-Aranda, T Ulian. 2022(a). Cost Analysis of Seed Conservation of Commercial Pine Species Vulnerable to Climate Change in Mexico. *Forests* 13(1): 2-14. <https://doi.org/10.3390/f13040539>.

Rodríguez-Zúñiga J, MJ Gozález-Guillén, H Bautista-Santos, F Sánchez-Galván. (2022) (b). Cost Analysis of Collection and Ex Situ Conservation of Seeds of Important Native Tree Species of Mexico. *Forests* 13(1): 1-13. <https://doi.org/10.3390/f13111958>.

Romo-Lozano JL, JJ Vargas-Hernández, J López-Upton, ML Ávila-Angulo. 2017. Estimate of the financial value of timber stocks of red cedar (*Cedrela odorata* L.) in Mexico. *Madera y Bosques* 23(1): 111-120.

Sacande M, N Berrahmouni. 2016. Community participation and ecological criteria for selecting species and restoring natural capital with native species in the Sahel. *Restoration Ecology* 24(1): 479-488.

Sáenz-Romero C, H Viveros-Viveros, R Guzmán-Reyna. 2004. Altitudinal genetic variation among *P. oocarpa* populations in Michoacán, western México. Preliminary results from a nursery test. *Forest Genetics* 11(3-4): 341-349.

Sampayo-Maldonado S, CA Ordoñez-Salanueva, E Mattana, M, Way, E. Castillo, PD Davila-Aranda, R Lira-Sadde, O Téllez-Valdés, NI Rodríguez-Arevalo, T Ulian, CM Flores-Ortiz. 2023. Potential Distribution of *Cedrela odorata* L. in Mexico according to Its Optimal Thermal Range for Seed Germination under Different Climate Change Scenarios. *Plants* 12 (1): 150. <https://doi.org/10.3390/plants12010150tra>

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2010) NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Consultado 07 de abril 2023. Disponible en <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>

Urzedo DI, E Vidal, EO Sills, FCM Piña-Rodríguez, RGP Junqueira. 2016. Tropical Forest Seeds in the Household Economy: Effects of Market Participation among Three Sociocultural Groups in the Upper Xingu Region of the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation* 43(1): 13-23. doi:10.1017/S0376892915000247.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**EDUARDO EUGENIO SPERS** realizou pós-doutorado na Wageningen University (WUR), Holanda, e especialização no IGIA, França. Possui doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo (USP). Foi Professor do Programa de Mestrado e Doutorado em Administração e do Mestrado Profissional em Comportamento do Consumidor da ESPM. Líder do tema Teoria, Epistemologia e Métodos de Pesquisa em Marketing na Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANPAD). Participou de diversos projetos de consultoria e pesquisa coordenados pelo PENSA e Markestrat. É Professor Titular no Departamento de Economia, Administração e Sociologia, docente do Mestrado em Administração e Coordenador do Grupo de Extensão MarkEsalq no campus da USP/Esalq. Proferiu palestras em diversos eventos acadêmicos e profissionais, com diversos artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, livros e capítulos de livros sobre agronegócios, com foco no marketing e no comportamento do produtor rural e do consumidor de alimentos.

## ÍNDICE REMISSIVO

### Símbolos

3D printing 192, 193, 198, 202, 203, 204, 205, 207, 209

### A

Abono 102, 103, 105, 106, 115, 116, 121, 123

Accesión 133, 134, 137, 138, 139, 143, 145, 147, 148, 149, 150

Adaptive management 86, 99

Additive manufacturing 193, 203, 204

Africa 26, 42, 60, 149, 193, 197, 203, 206, 207

Agriculture 65, 103, 123, 124, 151, 164, 177, 178, 180, 192, 193, 195, 198, 201, 204, 205, 207, 208, 209

Agronomía 128, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 190

Almacenamiento 133, 134, 135, 137, 138, 139, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150

Angola 192, 193, 198, 202, 207, 208

Aplicación del método científico 179

Aquaculture 1, 2, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 26

### B

Biomedicina 28

### C

Cambio climático 36, 100, 107, 133, 134, 137, 139, 141, 143, 145, 146, 148, 150, 151

'Canon' bell pepper 153, 154, 155

Climate change 86, 87, 97, 98, 99, 100, 101, 134, 159, 193

'Closter' tomato 153, 154, 155

Coccidiosis control 38, 46, 54, 59

Color L\*a\*b\* 153, 154, 155

Competitive intelligence 193

Costos 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 165

### D

Density 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 83, 84

Desarrollo rural 179

Desarrollo sustentable 28, 29, 186, 188

Distribución 68, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 80, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 150, 165, 169, 170, 172, 173, 175, 189

## E

Educación agrícola 179, 183, 185, 186, 187, 190

Eimeria infection 38, 62, 63, 67

Emprendimiento 103, 181

Enterprise 4.0 192, 193

## F

Family farming 193, 194, 198, 201, 203, 207

Fingerlings 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Frugal development 192, 193, 201, 208

Fruit size 154

## G

Geostatistics 163, 176

Growth 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 42, 46, 61, 154, 209

## H

Humus de lombriz 102, 103, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

## I

Intervalo equivalente 68, 70, 73

Intervalo geométrico 68, 70

Intervalos de progresión 68, 73

Intervalos iguales 68, 70, 73, 76, 77, 81, 82

## K

Kriging 163, 164, 165, 172, 173, 174, 175, 176, 178

## M

Management zones 163, 164, 176

Marphysa 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

## O

Oryza sativa 163, 177, 178

## P

Parasitic disease management 38

Phytoclimatology 86

Pinus sylvestris 86, 87, 88, 95, 98, 100

Plagas y enfermedades 125, 126, 181, 190

Plant-origin protein 2, 9

Polychaetes 13, 14, 15, 17, 20, 24, 25, 26, 27

## R

Rainbow trout 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Renta de tierra y agua 125

Response surface 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Rol del ingeniero agrónomo 179

Rupturas naturales 68, 70, 73, 76

## S

Salud ambiental 28

Sheep farming 38, 43, 48

Sheep health 38, 59

Sostenibilidad 103, 121, 132, 187, 188, 189

Spatial analysis 84, 163

Suitability 86, 87, 89, 90, 91, 93, 95, 96, 97, 98, 142, 178

Survival 1, 2, 5, 6, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 39, 51, 100

## T

Tecnología de producción 125

Toltrazuril treatment 38

## V

Versatility 86, 97, 98, 99, 100

Vulnerability 84, 86, 99, 101



EDITORA  
ARTEMIS

2025