

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL II

 EDITORA
ARTEMIS
2026

Alda Rocío Ortiz Muñiz
(Organizadora)



ESTUDOS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SUAS TECNOLOGIAS

VOL II



**EDITORA
ARTEMIS**

2026



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores.

Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

Editora Chefe	Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Prof ^a Dr ^a Alda Rocío Ortiz Muñiz
Imagem da Capa	mikkiorso/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, Universidad Autónoma del Estado de México, México
Prof.^a Dr.^a Alda Rocío Ortiz Muñiz, Universidad Autónoma Metropolitana, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, Universidad de Buenos Aires, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, Universidad Nacional del Altiplano, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, Universidad de Sevilla, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, Universidad de Guanajuato, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
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.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, Universidad Autónoma de Nuevo León, México
 Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
 Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México
 Prof.^a Dr.^a Emilias Darlene Carmen Lebus, Universidad Nacional del Nordeste, 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.^a Dr.^a Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
 Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Gladys Esther Leoz, Universidad Nacional de San Luis, Argentina
 Prof.^a Dr.^a Glória Beatriz Álvarez, Universidad de Buenos Aires, Argentina
 Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
 Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina
 Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, Universidad de Guadalajara, México
 Prof. Dr. Håkan Karlsson, University of Gothenburg, Suécia
 Prof.^a Dr.^a Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
 Prof.^a Dr.^a Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, Universidad de Piura, Peru
 Prof.^a Dr.^a Isabel Yohena, Universidad de Buenos Aires, Argentina
 Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
 Prof. Dr. Iván 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 Díaz, Instituto Politécnico Nacional, México
 Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, Universidad Politécnica de Madrid, Espanha
 Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia
 Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México
 Prof. Dr. Juan Porras Pulido, Universidad Nacional Autónoma de México, México
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

Prof.^a Dr.^a Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil

Prof.^a Dr.^a Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil

Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, Universidad Pablo de Olavide, Espanha

Prof.^a Dr.^a Macarena Esteban Ibáñez, Universidad Pablo de Olavide, Espanha

Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, Universidad Santiago de Compostela, Espanha

Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

Prof.^a Dr.^a Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil

Prof. Dr. Marcos 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 M^aGraça 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 Pais Vasco, Espanha

Prof.^a Dr.^a Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México

Prof.^a Dr.^a Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil

Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru

Prof.^a Dr.^a Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil

Prof.^a Dr.^a Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil

Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil

Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil

Prof.^a Dr.^a Silvia Inés del Valle Navarro, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina

Prof.^a Dr.^a Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil

Prof.^a Dr.^a Stanislava Kashtanova, Saint Petersburg State University, Russia

Prof.^a Dr.^a Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha

Prof.^a Dr.^a Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal

Prof.^a Dr.^a Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia

Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, Universidad de León, Espanha

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

E82 Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias II [livro eletrônico] / Organizadora Alda Rocío Ortiz Muñiz. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-33-8

DOI 10.37572/EdArt_280926338

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Microbiologia. I. Ortiz Muñiz, Alda Rocío.

CDD 570

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

Las ciencias biológicas se caracterizan por una amplia diversidad de áreas de estudio que abarcan desde las moléculas, las células y los microorganismos hasta los procesos ecológicos y evolutivos. Esta diversidad permite abordar la complejidad de los sistemas vivos desde distintas escalas de análisis y establecer vínculos entre la investigación básica, el desarrollo biotecnológico, la salud, el ambiente y la reflexión sobre el conocimiento científico.

El segundo tomo de *Estudos em Ciências Biológicas e suas Tecnologias* reúne once capítulos que reflejan esta pluralidad de enfoques y perspectivas. Los trabajos presentan investigaciones experimentales y análisis conceptuales que exploran procesos biológicos, metodologías de estudio y aplicaciones tecnológicas en ámbitos como la biotecnología, los biomateriales, los productos naturales, la microbiología, el control biológico, la biorremediación y la evolución. En conjunto, las contribuciones muestran la diversidad de problemas y aproximaciones que caracterizan la investigación y la reflexión en las ciencias biológicas.

La obra se organiza en tres ejes temáticos que permiten articular los distintos campos de estudio y destacar las principales aportaciones de los capítulos.

El primer eje, **Biotecnología, biomateriales y aplicaciones de recursos naturales**, reúne investigaciones orientadas a la caracterización de recursos naturales, el desarrollo de materiales y la evaluación de sus propiedades biológicas. Los capítulos abordan la optimización de métodos de extracción de proteínas vegetales, la síntesis biogénica de nanopartículas de óxido de zinc mediante el uso de aceite de oliva, la evaluación citogenética de un extracto acuoso de *Taxodium mucronatum*, la elaboración de membranas de quitosano y alcohol polivinílico para el mantenimiento de células troncales mesenquimales y el estudio de la actividad antimicrobiana de aceites ozonizados. En conjunto, estos trabajos muestran distintas estrategias experimentales para el aprovechamiento de recursos naturales y el desarrollo de materiales y productos de interés biotecnológico y biomédico.

El segundo eje, **Microorganismos y estrategias de control biológico y remediación ambiental**, integra estudios sobre microorganismos, comunidades microbianas y materiales naturales en contextos agrícolas y ambientales. Las contribuciones incluyen la caracterización de una cepa bacteriana con capacidad para inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos, el análisis de poblaciones fúngicas y concentraciones de metales en aguas y suelos agrícolas, la evaluación de biomasas naturales para la remoción de cromo hexavalente y el estudio de la capacidad de

Trichoderma asperellum para remover un colorante sintético en solución acuosa. Estos trabajos exploran el potencial de los sistemas biológicos y de los recursos naturales en el control de organismos fitopatógenos y en el desarrollo de alternativas para la remoción de contaminantes.

El tercer eje, **Evolución biológica, origen del ser humano y conocimiento científico**, reúne dos capítulos que abordan cuestiones fundamentales sobre la evolución biológica, el origen del ser humano y la naturaleza del conocimiento científico. Uno de ellos examina la controversia entre evolución y creacionismo, así como los criterios epistemológicos que permiten distinguir las explicaciones científicas de otros tipos de planteamientos. El segundo aborda la cuestión de la existencia del primer ser humano. En conjunto, ambos trabajos incorporan una perspectiva reflexiva sobre la evolución, la interpretación de la evidencia y la construcción del conocimiento en las ciencias biológicas.

La integración de estos tres ejes permite reconocer las ciencias biológicas como un campo dinámico y diverso, en el que la investigación experimental, la innovación tecnológica, el estudio de los problemas ambientales y la reflexión sobre el conocimiento científico ofrecen distintas perspectivas para comprender los sistemas vivos. Los trabajos reunidos en esta obra muestran la amplitud de los temas que conforman este campo de conocimiento y la variedad de enfoques mediante los cuales se exploran sus preguntas y desafíos.

Esperamos que este volumen contribuya a la difusión del conocimiento científico, al intercambio académico entre investigadores y al fortalecimiento de nuevas perspectivas de estudio en las ciencias biológicas y sus tecnologías.

Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa, México

SUMÁRIO

BIOTECNOLOGÍA, BIOMATERIALES Y APLICACIONES DE RECURSOS NATURALES

CAPÍTULO 1..... 1

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PROTEÍNA PARA HOJAS Y RAÍCES DE *Tecoma stans*

Eduardo Anaya Esteban

Mario Valera Zaragoza

Ariana Arlene Huerta Heredia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263381

CAPÍTULO 2..... 12

SÍNTESIS BIOGÉNICA DE NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC CON ACEITE DE OLIVA

Mario Valera-Zaragoza

Arely García-Gómez

Ariana Arlene Huerta-Heredia

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263382

CAPÍTULO 3..... 21

EVALUACIÓN CITOGENÉTICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Taxodium mucronatum* EN VICIA FABA MEDIANTE MICRONÚCLEOS

Saúl Flores-Maya

Ana Belén Palacios Loaeza

Martha Martínez-García

Erick Nolasco Ontiveros

Norberto Alarcón-Herrera

Paulina Abrica-González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263383

CAPÍTULO 4..... 38

MEMBRANAS A BASE QUITOSANO-ALCOHOL POLIVINÍLICO CON DIVERSAS TOPOGRAFÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE CÉLULAS TRONCALES MESENQUIMALES

David Alejandro Macías Martín

Francisco Josué Avelar Rodríguez

Zaira Yunuen Carvajal García

Flor Yohana Flores Hernández

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263384

CAPÍTULO 5..... 50

USO DE ACEITES OZONIZADOS COMO AGENTES ANTIMICROBIANOS

Gloria Paulina Monterrubio-López

Ricardo Monterrubio-López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263385

MICROORGANISMOS Y ESTRATEGIAS DE CONTROL BIOLÓGICO Y REMEDIACIÓN AMBIENTAL

CAPÍTULO 6..... 59

***Kosakonia cowanii* Ch1 ISOLATED FROM MEXICAN CHILI POWDER REVEALS GROWTH INHIBITION OF PHYTOPATHOGENIC FUNGI**

Jacqueline González Espinosa

Yoali Fernanda Hernández Gómez

Yomaiko Javier Martínez

Francisco Javier Flores Gallardo

Juan Ramiro Pacheco Aguilar

Miguel Ángel Ramos López

Jackeline Lizzeta Arvizu Gómez

Carlos Saldaña Gutierrez

José Alberto Rodríguez Morales

María Carlota García Gutiérrez

Aldo Amaro Reyes

Erika Álvarez Hidalgo

Jorge Nuñez Ramírez

José Luis Hernández Flores

Juan Campos Guillén

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263386

CAPÍTULO 7.....82

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS Y SUELOS DE TIERRAS AGRÍCOLAS

Louisiana Ivonne Espinosa Pérez

Claudia Margarita Martínez Domínguez

Adriana Rodríguez Pérez
Juan Fernando Cárdenas González
Víctor Manuel Martínez Juárez
Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263387

CAPÍTULO 8.....92

REMOCIÓN DE CROMO (VI) EN SOLUCIÓN ACUOSA POR DIFERENTES BIOMASAS NATURALES

Nancy C. Pacheco Castillo
Dalila del Socorro Contreras Briones
Adriana Rodríguez Pérez
Juan Fernando Cárdenas González
Víctor Manuel Martínez Juárez
Ismael Acosta Rodríguez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263388

CAPÍTULO 9..... 101

REMOCIÓN DE ROJO BÁSICO 46 MEDIANTE *Trichoderma asperellum* EN SOLUCIÓN ACUOSA

Esteban Montiel Palacios
David Antonio Moreno Medina
Veronica Arellano Solis
Jose Luis Gadea Pacheco
Angie Nicole Rios López

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263389

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA, ORIGEN DEL SER HUMANO Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

CAPÍTULO 10..... 109

¿EVOLUCIÓN O CREACIÓN? DARWIN, CREACIONISMO Y LOS LÍMITES DE LA CONTROVERSI CIENTÍFICA

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28092633810

CAPÍTULO 11..... 121

¿EXISTIÓ EL PRIMER SER HUMANO? EL PROBLEMA DE BUSCAR UN «ADÁN BIOLÓGICO»

Humberto Álvarez Sepúlveda

 https://doi.org/10.37572/EdArt_28092633811

SOBRE A ORGANIZADORA.....133

ÍNDICE REMISSIVO134

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN CITOGÉNÉTICA DEL EXTRACTO ACUOSO DE *Taxodium mucronatum* EN VICIA FABA MEDIANTE MICRONÚCLEOS

Data de submissão: 01/09/2026

Data de aceite: 16/09/2026

Erick Nolasco Ontiveros

Laboratorio de Bioactividad de
productos Naturales, UBIPRO
Facultad de Estudios Superiores (FES)
Iztacala, Universidad Nacional
Autónoma de México, Av. de los Barrios 1
Los Reyes Iztacala, 54090, Tlalnepantla
Estado de México, México
<https://orcid.org/0009-0007-1858-375X>

Saúl Flores-Maya

Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO
Facultad de Estudios Superiores (FES)
Iztacala, Universidad Nacional
Autónoma de México, Av. de los Barrios 1
Los Reyes Iztacala, 54090, Tlalnepantla
Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0002-8474-8029>

Norberto Alarcón-Herrera

Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO
Facultad de Estudios Superiores (FES)
Iztacala, Universidad Nacional
Autónoma de México, Av. de los Barrios 1
Los Reyes Iztacala, 54090, Tlalnepantla
Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0001-8456-8098>

Ana Belén Palacios Loeza

Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO
Facultad de Estudios Superiores (FES)
Iztacala, Universidad Nacional
Autónoma de México, Av. de los Barrios 1
Los Reyes Iztacala, 54090, Tlalnepantla
Estado de México, México
<https://orcid.org/0009-0000-9504-3043>

Paulina Abrica-González

Laboratorio de de Técnicas Fototérmicos
Unidad Profesional de Biotecnología, IPN
Av. Acueducto, La Laguna Ticomán
Gustavo A. Madero, 07340
Ciudad de México, CDMX
<https://orcid.org/0000-0001-7392-7702>

Martha Martínez-García

Laboratorio de Biología Molecular, UBIPRO
Facultad de Estudios Superiores (FES)
Iztacala, Universidad Nacional Autónoma
de México, Av. de los Barrios 1, Los Reyes
Iztacala, 54090, Tlalnepantla
Estado de México, México
<https://orcid.org/0000-0001-6354-0408>

RESUMEN: Estudios recientes confirman propiedades antimicrobianas y antitumorales de especies del género *Taxodium*, comúnmente conocido como “ahuehuete”, tule o “ciprés de Moctezuma”. En este contexto, el presente estudio aporta datos citogenotóxicos para

futuras investigaciones farmacológicas. Como sistema de prueba, se utilizó el ensayo de micronúcleos en células meristemáticas de *Vicia faba* L., que analiza la frecuencia de micronúcleos (MN) y el índice mitótico (IM). Se utilizaron cuatro concentraciones de extracto acuoso de hojas: 10, 20, 50 y 100 µl/ml. Como testigo negativo se empleó agua destilada, mientras que el dicromato de potasio a 0.5 mg/ml fue el testigo positivo. Se realizaron cinco ensayos de repetición. Las raíces de *V. faba* expuestas en los tratamientos y en los testigos fueron cosechadas a las 24, 48 y 72 horas. Inmediatamente, se aplicó la técnica citogenética mediante tinción con acetoorceína para su observación al microscopio de células en división (%IM) y para el conteo de micronúcleos (%MN). Los datos promedio fueron analizados mediante la prueba paramétrica ANOVA ($\alpha < 0.05$) y, al detectarse diferencias significativas, se sometieron a la prueba múltiple de Dunnett ($\alpha < 0.05$). Previamente, se realizaron pruebas colorimétricas para identificar metabolitos secundarios en las hojas del árbol, identificándose los siguientes tipos de compuestos: saponinas, fenoles, flavonoides, glucósidos y taninos. El extracto acuoso de *T. mucronatum* no mostró diferencias significativas en el %IM respecto de la media del testigo negativo a las concentraciones de 10, 20 y 50 µl/ml. La concentración de 100 µl/ml fue citotóxica. Ninguna de las concentraciones mostró diferencias significativas en la frecuencia del %MN. En conclusión, el extracto acuoso de *T. mucronatum* presentó citotoxicidad leve sobre la división celular de *V. faba* y no provocó daño genotóxico.

PALABRAS CLAVE: planta medicinal; *Taxodium huegelii*; citotoxicidad; Cupressaceae; índice mitótico.

CYTOGENETIC EVALUATION OF THE AQUEOUS EXTRACT OF *Taxodium mucronatum* IN VICIA FABAE USING MICRONUCLEI

ABSTRACT: Recent studies confirm the antimicrobial and antitumor properties of species from the genus *Taxodium*, commonly known as “ahuehuete”, tule or “Montezuma cypress.” In this context, the present study provides cytogenotoxic data for future pharmacological research. The micronucleus assay was used in meristematic cells of *Vicia faba* L. to analyze the frequency of micronuclei (MN) and the mitotic index (MI). Four concentrations of aqueous leaf extract were used: 10, 20, 50, and 100 µl/ml. Distilled water was used as the negative control, while potassium dichromate at 0.5 mg/ml served as the positive control. Five replicate tests were carried out, and the roots of *V. faba* exposed to the treatments and controls were harvested at 24, 48, and 72 hours. The cytogenetic technique was then applied using acetoorcein staining to observe dividing cells (%MI) and count micronuclei (%MN) under the microscope. The average data were analyzed using parametric ANOVA ($\alpha < 0.05$) and, when significant differences were detected, subjected to Dunnett’s multiple test ($\alpha < 0.05$). Colorimetric tests were also carried out to identify secondary metabolites in the tree leaves, including saponins, phenols, flavonoids, glycosides, and tannins. The aqueous extract of *T. mucronatum* did not show significant differences in the %MI compared to the negative control at concentrations of 10, 20, and 50 µl/ml. The 100 µl/ml concentration was cytotoxic. None of the concentrations showed significant differences in the %MN frequency. In conclusion, the aqueous extract of *T. mucronatum* showed mild cytotoxicity on *V. faba* cell division and did not cause genotoxic damage.

KEYWORDS: medicinal plant; *Taxodium huegelii*; cytotoxicity; Cupressaceae; mitotic index.

1. INTRODUCCIÓN

En México se puede encontrar una gran diversidad de vegetación como resultado de su compleja fisiografía, geología y variedad climática que ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de distintos tipos de comunidades vegetales, entre ellas las comunidades acuáticas y riparias en las cuales se desarrolla un tipo de vegetación que forma corredores naturales entre los sistemas acuáticos y terrestres, conocida como bosque de galería o vegetación riparia (Naiman et al., 1993; Rzedowski, 2006).

Dentro de los géneros más representativos de este tipo de vegetación en México se encuentra el género *Taxodium*, perteneciente a la familia Taxodiaceae, el cual se distribuye en algunas regiones templadas del hemisferio norte (Carranza, 1992). De las 3 especies que conforman el género *Taxodium*, solo una se encuentra presente en México *Taxodium mucronatum* Ten., endémica de México y Guatemala, conocida comúnmente como ahuehuete, tule o ciprés de Moctezuma (Su et al., 2013).

Este género ha existido desde hace millones de años y ha sido utilizado por diversas culturas como medicina tradicional. En años recientes, estudios han señalado que, debido a la presencia de diversos compuestos bioactivos, las especies pertenecientes a este género presentan potencial terapéutico. (Su et al., 2013).

Distintas especies arbóreas asociadas a ecosistemas riparios han generado interés científico debido a su capacidad para producir metabolitos secundarios, que son respuestas a condiciones adversas, como la disponibilidad de agua, suelo, luz y nutrientes, así como para evitar posibles ataques de depredadores y microorganismos (Lustre-Pereyra, 2022). Estos metabolitos secundarios pueden desempeñar funciones de defensa y fisiológicas, lo que ha generado un mayor interés en investigar sus compuestos bioactivos con posibles aplicaciones biológicas y farmacológicas.

T. mucronatum ha servido como recurso en la medicina tradicional de diversas culturas. Las hojas son empleadas en el tratamiento de la malaria y de enfermedades hepáticas. La corteza se aplica en llagas, quemaduras y ulceraciones de la piel. La corteza, ramas, hojas y estróbilo se aprovechan para preparar infusiones y ungüentos para el tratamiento de heridas, hemorroides, reumatismo, diarrea, problemas de circulación, hidropesía, presión arterial, trastornos menstruales, prevenir dolores de muelas y de cabeza, gota y enfermedades bronquiales. Los aceites esenciales de las hojas y los conos de *Taxodium* se utilizan para tratar la inflamación, las infecciones y diversas dolencias cutáneas, gastrointestinales y respiratorias; asimismo, se ha reportado que presentan actividades antitumorales (Comisión Nacional Forestal, s. f.; Carranza, 1992; Su et al., 2013).

Algunos tratamientos que han sido empleados de *Taxodium* han sido respaldados por diversos estudios empleando aceite esencial, extracto etanólico y extracto de hexano de hojas y conos que comprueban las propiedades antimicrobiano especialmente potencial contra tuberculosis, neumonía y fumigatus, también tiene un gran efecto gastroprotector, en la disminución del dolor inflamatorio agudo, protege la mucosa gástrica frente a úlceras inducidas por etanol, actúa como vasorrelajante y presenta actividades antiespasmódicas y broncodilatadoras (Perrusquia et al., 1995; Cortés-Arroyo et al., 2011; Al-Sayed, 2018; Onofre-Hurtado et al., 2023; Gaona-Ríos et al., 2026).

Sin embargo, incluso al utilizar productos de origen vegetal, no se garantiza la ausencia de efectos adversos, ya que en ocasiones los metabolitos secundarios podrían ser contraproducentes, dependiendo de la dosis y la exposición (Pérez-Almeida et al., 2022).

En las últimas décadas, estos extractos también han sido objeto de numerosas investigaciones biológicas y farmacológicas orientadas a evaluar su eficacia y seguridad (Torres-Rodríguez et al., 2016; Alegre et al., 2017; Alelign et al., 2020). Por lo cual es necesario analizar su posible impacto a nivel celular y genético mediante bioensayos confiables.

Aunque diversos estudios han señalado la bioactividad de *Taxodium*, son limitadas las investigaciones que han evaluado sus posibles efectos toxicológicos. En este sentido, de los antecedentes más relevantes está el estudio realizado por De la Cruz et al., (2012), quienes analizaron la toxicidad aguda y el impacto sobre la propulsión intestinal en ratones tras la administración de extractos de *T. mucronatum* y *Acacia farnesiana*. Sus resultados aportan evidencia preliminar sobre la seguridad y los efectos fisiológicos de estos extractos, contribuyendo a las evaluaciones toxicológicas de estas especies.

Las propiedades bioactivas se deben principalmente a los componentes de este género. Entre los que se han registrado se encuentran esteroides, flavonoides, saponinas y taninos (Juárez-Montoya, 2006; Arriaga-Arana et al., 2015). Incluso se han realizado análisis más específicos sobre estos componentes; de acuerdo con (Luján-Hidalgo et al., 2012), se encontró actividad antimicrobiana de los aceites esenciales en hojas de *Bursera graveolens* y *T. mucronatum* y, de manera complementaria, realizaron una cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas para identificar algunos componentes presentes en distintas estructuras de *T. mucronatum*. Los resultados fueron: α -pineno, sabineno, tujopseno, 4-terpineno, λ -terpineno y β -mirceno.

Por otra parte, Mendoza et al., (2026) obtuvieron compuestos tanto de frutos como de ramas; principalmente encontraron taxoquinona en frutos. Este compuesto está ligado

a la actividad antifúngica, la inhibición de la α -glucosidasa, la inhibición de la tirosinasa, la citotoxicidad, la inhibición del virus de la influenza H1N1 y la actividad antioxidante. Sugiol es un metabolito presente tanto en ramas como en frutos y se considera característico del género *Taxodium*. Este compuesto presenta propiedades citotóxicas y antiinflamatorias. El ciclomargenol es otro componente presente que reduce las actividades de COX-1 y COX-2. Finalmente, otro compuesto sobresaliente de este estudio es taxodiona, la cual exhibe propiedades antivirales (Mendoza et al., 2026).

La evaluación de efectos citotóxicos y genotóxicos es una herramienta fundamental para determinar la seguridad biológica de distintas sustancias naturales, ya que nos permite identificar alteraciones a nivel celular y posibles daños al material genético, los cuales podrían afectar a organismos expuestos directa o indirectamente (López-Nigro et al., 2009).

A pesar de los estudios existentes sobre la bioactividad y toxicidad de distintas especies del género *Taxodium*, la información sobre los posibles efectos citotóxicos y genotóxicos de *T. mucronatum* es limitada (López-Nigro et al., 2009), especialmente en lo relativo a los extractos acuosos y su evaluación mediante modelos vegetales, lo que resalta la necesidad de realizar estudios que aporten al conocimiento de su seguridad para su posible aprovechamiento. En este contexto, el presente estudio se orienta a evaluar los posibles efectos citotóxicos y genotóxicos de un extracto acuoso de *Taxodium mucronatum*, utilizando como modelo biológico células meristemáticas radiculares de *Vicia faba* y el ensayo de micronúcleos como herramienta para la detección de daño genético.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Recursos Naturales de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO), situada en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, en Tlalnepantla de Baz, Edo. de México, México.

2.1. REACTIVO

Dicromato de Potasio (sal dipotásica del ácido crómico) A.C.S. Marca: Fermont.
Catálogo: 29842. Presentación 500 g, concentración 99.0%. Fórmula: $K_2Cr_2O_7$.
CAS: 7778-50-9.

2.2. MATERIAL VEGETAL

El material biológico utilizado en este estudio fue proporcionado por la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala,

UNAM. Las semillas certificadas de *V. faba* (variedad minor) fueron donadas por el laboratorio de Recursos Naturales. Mientras que el follaje fresco de *T. mucronatum* fue facilitado por la Dra. Martha Martínez García, del Laboratorio de Bioquímica Molecular.

2.3. GERMINACIÓN

Las semillas de *V. faba* (variedad minor) fueron desinfectadas por 5 min en una solución de hipoclorito de sodio al 5%, posteriormente fueron lavadas cuatro veces con agua destilada. Inmediatamente fueron embebidas durante 12 h en 500 ml de agua destilada. Para la germinación, las semillas se colocaron entre dos capas de algodón humedecido a 22 °C por cinco días. Cuando las raíces alcanzaron un tamaño de 1 a 2 cm de longitud, fueron usadas para este estudio.

2.4. TRATAMIENTOS

Se sometió a ebullición una mezcla de 250 ml de agua destilada y 10 g de hojas de *T. mucronatum* durante 5 min. Tras retirar la muestra de la fuente de calor y registrar una temperatura de 80 °C, el extracto se dejó enfriar a temperatura ambiente. El contenedor se cubrió con papel de aluminio para evitar su contaminación y se mantuvo en refrigeración a 4 °C. A partir de este extracto acuoso, se prepararon las concentraciones evaluadas de 10, 20, 50 y 100 µl/ml.

2.5. EVALUACIÓN DE LA GENOTOXICIDAD

Las semillas germinadas con raíces primarias de aproximadamente 1 cm de largo se seleccionaron al azar para conformar dos grupos el primero con cuatro tratamientos: 1) 15 semillas que se sumergieron en 30 ml en una concentración de 10 µl/ml del extracto acuoso, 2) 15 semillas que fueron sumergidas en 30 ml en una concentración de 20 µl/ml del extracto acuoso, 3) 15 semillas que se sumergieron en 30 ml de extracto acuoso al 50 µl/ml y 4) 15 semillas que se sumergieron en 30 ml de extracto acuoso al 100 µl/ml y el segundo grupo dos tratamientos testigos, un testigo negativo donde se colocaron 15 semillas en 30 ml de agua destilada y un testigo positivo en el cual se expusieron 15 semillas en 30 ml en una concentración de 0.5 mg/ml de dicromato de potasio. Cada grupo tuvo un tiempo de exposición de 24, 48 y 72 h. Los dos grupos experimentales estuvieron en condiciones de incubación a 22 °C $\pm$ 1 °C y en oscuridad para evitar el incremento de la oxidación o la alteración fisicoquímica de los extractos por microorganismos y cada 24 h se cambió el extracto acuoso por el mismo volumen en todos los tratamientos.

2.6. REGISTRO TOXICIDAD (% IM) Y ENSAYO DE MICRONÚCLEOS (%MN)

Se siguió el protocolo de Ma et al. (1995) para la prueba de micronúcleos. Al concluir los tiempos de los tratamientos de 24, 48 y 72 h, las raíces fueron cortadas en un tamaño de aproximadamente 5 mm a partir de la zona meristemática y se fijaron en solución Farmer (etanol-ácido acético 3:1). Inmediatamente fueron almacenadas a 4 °C por 12 horas. Posteriormente fueron hidrolizadas en HCl 1 N a 60 °C por 5 min; pasado este tiempo fueron lavadas en tres tiempos con agua destilada para eliminar el HCl. Después del proceso de hidrólisis, se cortaron las raíces de aproximadamente 2 mm de la zona meristemática. Cada meristemo fue macerado en ácido acético al 45% sobre un portaobjetos. Después, las células se tiñeron con aceto-orceína al 1%. Finalmente, utilizando un cubreobjetos, se realizó el aplastamiento en monocapa (“squash”) para dispersar las células con la finalidad de observarlas al microscopio.

La frecuencia de micronúcleos (MN) es expresada en términos del número de células con $\%MN = \text{No. MN} / 1000 \times 100$ células contabilizadas por raíz en un microscopio óptico Nikon observando a 1000 aumentos. Simultáneamente se contabilizó la cantidad de células en división mitótica. A partir de la siguiente fórmula se calculó el índice mitótico $\%IM = \text{No. de células en I+P+M+A+T} / 1000 \times 100$, parámetro usado para evaluar citotoxicidad.

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos tanto para el % IM como para el % MN, obtenidos para *V. faba*, fueron estadísticamente evaluados individualmente con la prueba paramétrica de análisis de varianza de un factor (ANOVA) en un nivel de confianza de $\alpha = 0.05$; después, si había diferencia significativa, se realizó una prueba de comparación múltiple de Dunnett ($p < 0.05$). Donde se determinó cuál de los valores promedio de los tratamientos será diferente estadísticamente al valor promedio del testigo negativo.

2.8. IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS

El extracto acuoso de *T. mucronatum* se concentró hasta obtener los sólidos totales. Para la identificación de metabolitos secundarios, se utilizaron 5 mg de extracto seco, los cuales se disolvieron en 5 ml de metanol y agua en proporción 1:1 con el fin de asegurar la máxima solvatación de los analitos presentes en el extracto. A partir de la solución stock, se tomaron 500 μl y se colocaron en tubos de ensayo, a los cuales se les añadieron 100 μl de cada uno de los reactivos correspondientes (Tabla 1).

Adicionalmente, se realizó una cromatografía en capa fina (CCF) con el fin de obtener el perfil de flavonoides, para lo cual se utilizó la fase móvil compuesta por 70% de acetona, 25% de metanol y 5% de agua. Las placas se revelaron con revelador de productos naturales y se visualizaron bajo luz ultravioleta a 365 nm, de acuerdo con la metodología descrita por Wagner y Bladt (1996).

Tabla 1. Pruebas de identificación de las principales familias de metabolitos secundarios presentes en el extracto de *Taxodium mucronatum*.

Grupo de metabolitos secundarios	Revelador / Agente cromógeno	Método
Saponinas		Prueba de espuma.
Alcaloides	Prueba de Dragendorff	Reacción colorida (rojo a naranja).
Fenoles	Cloruro Férrico	Reacción colorida (azul claro o coloraciones oscuras).
Flavonoides	Revelador de productos naturales	Reacción colorida (amarillo, azul o verde).
Taninos	Cloruro férrico / Prueba de hemólisis con agar sangre.	Reacción colorida (verde oscuro o azul)
Glucósidos	Prueba de Molisch (α -naftol y HCl concentrado)	Reacción colorida (anillo de color violeta o púrpura intenso)

3. RESULTADOS

3.1. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL ÍNDICE MITÓTICO

El análisis del índice mitótico (%IM) mostró diferencias entre los tratamientos evaluados. El testigo negativo presentó el mayor valor promedio ($43.06 \pm 8.58 \%$),

mientras que el tratamiento con dicromato de potasio (0.5 mg/ml) presentó el menor índice mitótico ($1.09 \pm 1.38 \%$), este dato coincide con lo mencionado por Prieto et al., (2008) sobre la toxicidad del dicromato, que para este estudio sirvió como un estándar de referencia que permitió observar los efectos de los tratamientos y como validación interna de la presente investigación. En los tratamientos con extracto de *Taxodium*, los valores promedio fueron de $15.54 \pm 14.05 \%$, $20.42 \pm 5.20 \%$, $16.39 \pm 5.40 \%$ y $12.47 \pm 8.57 \%$ para las concentraciones de 10, 20, 50 y 100 $\mu\text{g/ml}$, respectivamente.

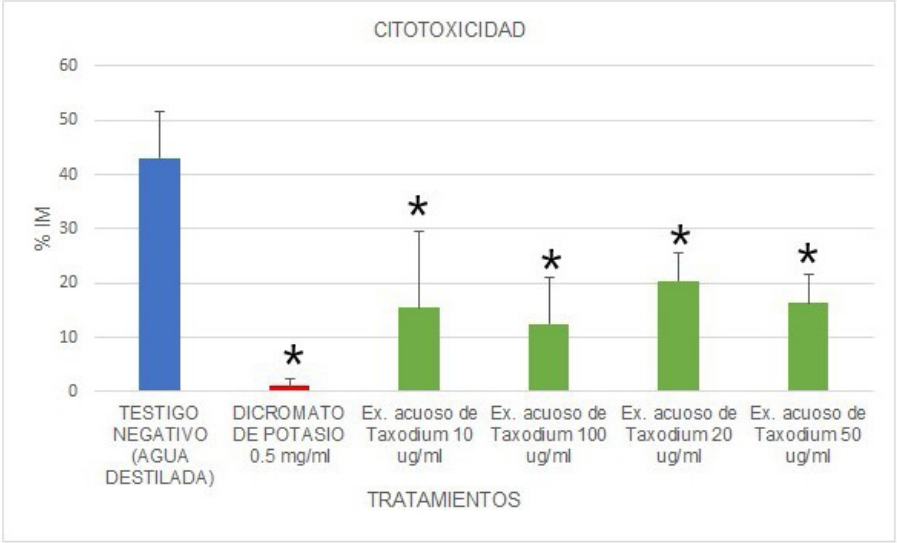
El análisis de varianza de una vía mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($F_{5,84} = 42.88$; $p < 0.001$). El modelo explicó el 71.85 % de la variabilidad observada en el índice mitótico ($R^2 = 71.85 \%$; R^2 ajustado = 70.17 %), con una desviación estándar agrupada de 8.19.

La comparación múltiple de Dunnett, utilizando el testigo negativo como referencia y una tasa de error familiar de 0.05, mostró que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas respecto a este testigo. El dicromato de potasio presentó la mayor diferencia respecto al control (-41.967 ; IC95%: -49.629 a -34.305). Para el extracto de *Taxodium*, las diferencias respecto al testigo negativo fueron de -27.520 para 10 $\mu\text{g/ml}$ (IC95%: -35.182 a -19.858), -30.587 para 100 $\mu\text{g/ml}$ (IC95%: -38.249 a -22.925), -22.640 para 20 $\mu\text{g/ml}$ (IC95%: -30.302 a -14.978) y -26.667 para 50 $\mu\text{g/ml}$ (IC95%: -34.329 a -19.005).

Los intervalos de confianza de todas las comparaciones se ubicaron completamente por debajo de cero, confirmando que los valores del índice mitótico de los tratamientos fueron significativamente menores que los del testigo negativo. Entre las concentraciones del extracto, el tratamiento de 20 $\mu\text{g/ml}$ presentó el mayor índice mitótico ($20.42 \pm 5.20 \%$), mientras que la concentración de 100 $\mu\text{g/ml}$ presentó el menor valor ($12.47 \pm 8.57 \%$).

En relación con el testigo negativo, la disminución del índice mitótico fue de aproximadamente 96.0 % para el dicromato de potasio y de 63.9, 52.6, 61.9 y 71.0 % para las concentraciones de 10, 20, 50 y 100 $\mu\text{g/ml}$ del extracto de *Taxodium*, respectivamente (Figura 1).

Figura 1. Valores promedio del % del IM obtenidos de la exposición al extracto acuoso de las hojas de *Taxodium mucronatum* sobre las células meristemáticas de *Vicia faba*. * La media marcada con asterisco es significativamente diferente de la media del nivel del testigo negativo de acuerdo con la prueba múltiple de Dunnett ($p < 0.05$).



3.2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA FRECUENCIA DE MICRONÚCLEOS

La frecuencia de micronúcleos (%MN) presentó variaciones entre los tratamientos evaluados. El testigo negativo no presentó micronúcleos detectables, con un valor promedio de 0.0000 ± 0.0000 %. En contraste, el tratamiento con dicromato de potasio (0.5 mg/ml) presentó la mayor frecuencia de micronúcleos, con un promedio de 0.4800 ± 0.2484 %. Los tratamientos con extracto de *Taxodium* presentaron valores inferiores, correspondientes a 0.0133 ± 0.0352 %, 0.0467 ± 0.0743 %, 0.0067 ± 0.0258 % y 0.0067 ± 0.0258 % para las concentraciones de 10, 100, 20 y 50 $\mu\text{g/ml}$, respectivamente.

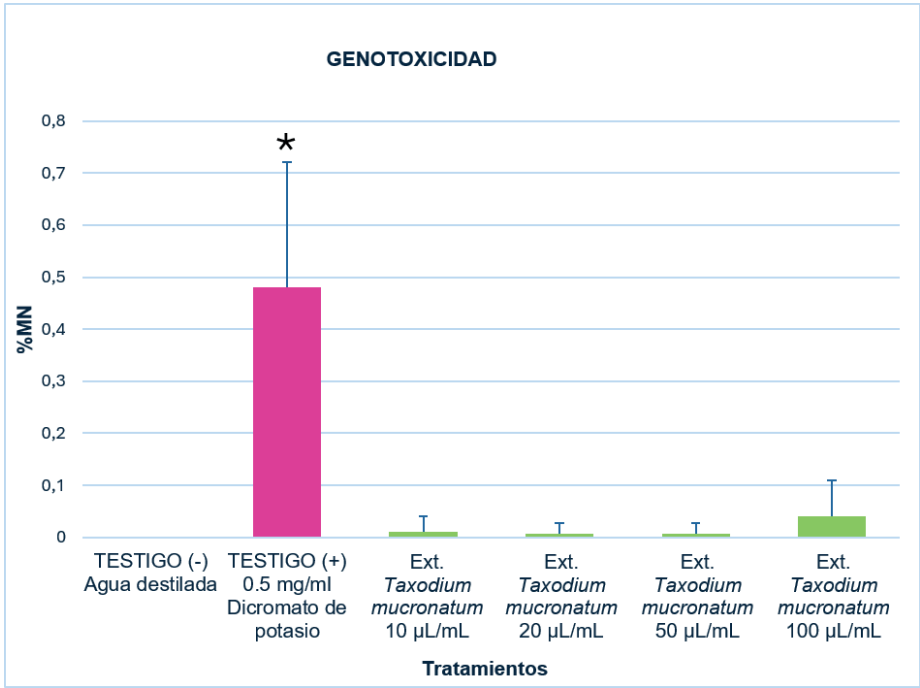
El análisis de varianza de una vía mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($F_{5,84} = 46.88$; $p < 0.001$), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 73.62$ % y un R^2 ajustado de 72.05 %. Estos resultados indican que el tratamiento aplicado explicó una proporción importante de la variabilidad observada en la frecuencia de micronúcleos.

La comparación múltiple de Dunnett, utilizando el testigo negativo como referencia, mostró una diferencia estadísticamente significativa únicamente para el tratamiento con dicromato de potasio datos que concuerdan con Prieto et al., (2008) sobre la genotoxicidad del dicromato. La diferencia entre este tratamiento y el testigo negativo fue de 0.4800, con un intervalo de confianza del 95 % de 0.3791 a 0.5809, intervalo que no incluyó el valor cero.

En contraste, las concentraciones de 10, 100, 20 y 50 $\mu\text{g/ml}$ del extracto de *Taxodium* no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo negativo, debido a que sus respectivos intervalos de confianza incluyeron el valor cero: 10 $\mu\text{g/ml}$ (-0.0876 a 0.1142), 100 $\mu\text{g/ml}$ (-0.0542 a 0.1476), 20 $\mu\text{g/ml}$ (-0.0942 a 0.1076) y 50 $\mu\text{g/ml}$ (-0.0942 a 0.1076).

En conjunto, los resultados indican que el dicromato de potasio produjo un incremento significativo en la frecuencia de micronúcleos, mientras que los tratamientos con extracto de *Taxodium* no modificaron significativamente este parámetro respecto al testigo negativo bajo las condiciones experimentales evaluadas (Figura 2).

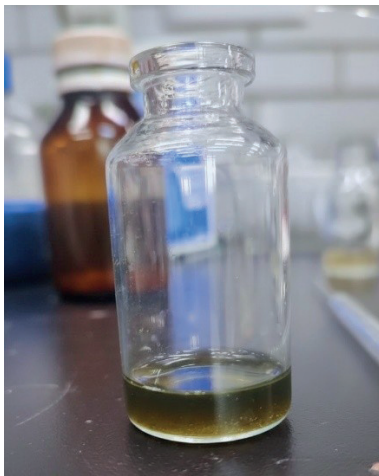
Figura 2. Valores promedio del % MN obtenidos de la exposición del extracto acuoso de las hojas de *Taxodium mucronatum* sobre las células meristemáticas radiculares de *Vicia faba*. Las medias marcadas con asterisco son significativamente diferentes de la media al nivel del testigo negativo de acuerdo con la prueba múltiple de Dunnett ($p < 0.05$).



3.3. ANÁLISIS QUÍMICO PRELIMINAR

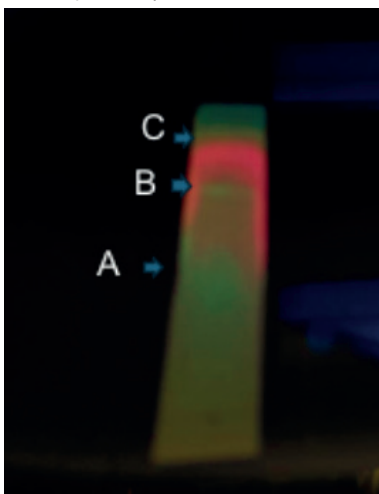
Los resultados de las pruebas de identificación química preliminar del extracto de *T. mucronatum* mostraron una respuesta positiva a compuestos fenólicos y taninos, evidenciada por el cambio de coloración característico (Figura 3).

Figura 3. Prueba con cloruro férrico para identificar compuestos fenólicos y taninos. La coloración verde oscura indica que la prueba es positiva.



Por otra parte, al realizar la cromatografía en capa fina para determinar la presencia de flavonoides en el extracto, se identificaron bandas de color verde y amarillo, lo cual daría positivo en dicha prueba (Figura 4).

Figura 4. Cromatografía en capa fina para obtener el perfil de flavonoides. Las bandas A, B y C indican la presencia de flavonoides, mientras que la banda en rojo corresponde a clorofilas.



El único grupo de metabolitos secundarios que no se encontró presente en el extracto de *T. mucronatum* es el de los alcaloides, ya que en la prueba no hubo reacción.

En la Tabla 2 se presentan todos los resultados de las pruebas de identificación química realizadas:

Tabla 2. Resultados obtenidos tras realizar las distintas pruebas de identificación de metabolitos secundarios en el extracto de *Taxodium mucronatum*.

Grupo de metabolitos secundarios	Resultado observado	Interpretación
Saponinas	Formación de espuma persistente	Positivo (+)
Alcaloides	No hubo reacción colorida	Negativo (-)
Fenoles	Coloración verde-gris oscuro	Positivo (+)
Flavonoides	Revelación en cromatografía de capa fina color verde y amarillo	Positivo (+)
Taninos	Coloración verde oscuro Presencia de hemólisis en agar sangre	Positivo (+) Positivo (+)
Glucósidos	Anillo de color violeta	Positivo (+)

4. DISCUSIÓN

El índice mitótico (IM) se define como el coeficiente entre el número de células en mitosis y aquellas que no están en división dentro de una población celular (Instituto Nacional del Cáncer, s.f.). Este indicador es importante para evaluar la citotoxicidad de algunos agentes xenobióticos, ya que permite identificar alteraciones en la proliferación celular. En este estudio, los tratamientos expuestos al extracto acuoso de *T. mucronatum* mostraron una disminución del índice mitótico respecto al testigo negativo (agua destilada), observándose una mayor inhibición a una concentración de 100 µl/ml que de acuerdo a los resultados de la prueba de comparación múltiple de Dunnett esta concentración mostro diferencia significativa respecto al testigo negativo, sin embargo en las demás concentraciones evaluadas no se observó un efecto citotóxico marcado bajo las condiciones evaluadas.

Con base en los resultados, se puede inferir que el extracto influye en la actividad mitótica. Sin embargo, este efecto es mínimo en comparación con la intensidad citotóxica observada en el testigo positivo, que presentó una reducción muy evidente del IM (1.09%), siendo significativamente diferente al testigo negativo (24.54 %), lo que confirma su capacidad inhibitoria sobre la proliferación celular.

Resultados similares han sido reportados por De la Cruz y colaboradores en el año 2012, quienes evaluaron la dosis letal media (LD_{50}) de un extracto acuoso y de etanol de hojas y tallos de *T. mucronatum* en ratones, utilizando el método de Lorke (1983), modificado por el enfoque de Reed-Müench, y unidades probit; los resultados muestran que el extracto es débilmente tóxico. Aunque la metodología fue distinta, los resultados coinciden con los obtenidos en este estudio. En conjunto, estos resultados evidencian una disminución significativa de la actividad mitótica en todos los tratamientos respecto al testigo negativo; sin embargo, la respuesta al extracto no siguió un patrón estrictamente lineal con el incremento de la concentración.

Respecto al análisis de micronúcleos (%MN), los resultados no mostraron daños genotóxicos en las raíces expuestas a las diferentes concentraciones del extracto acuoso de *T. mucronatum*, ya que los valores eran bajos (0.007-0.04%). Sin embargo, al realizar el análisis estadístico utilizando un ANOVA unidireccional marcaba diferencias significativas ($p < 0.001$) entre los tratamientos; no obstante, cuando se realizó la prueba de comparación múltiple de Dunnett, comprobamos que estas diferencias eran atribuidas principalmente al dicromato de potasio, utilizado como testigo positivo, el cual registró el mayor porcentaje de micronúcleos (0.48%), esto nos ayuda a validar la respuesta del sistema experimental y confirma que el extracto no evidenció un efecto genotóxico bajo las condiciones evaluadas.

Aunque el extracto ocasionó una leve disminución del índice mitótico, no incrementó significativamente la frecuencia de micronúcleos. Esto sugiere que la reducción de la división celular no estuvo acompañada de daño cromosómico detectable. Ambos resultados podrían estar relacionados con algunos metabolitos secundarios presentes en el extracto. El análisis químico preliminar permitió identificar la presencia de saponinas, fenoles, flavonoides, taninos y glucósidos, resultados que coinciden parcialmente con los reportados por Juárez-Montoya (2006) y por Arriaga-Arana *et al.* (2015), quienes también identificaron estos metabolitos en extractos de *T. mucronatum*. Sin embargo, dichos autores reportaron, además, la presencia de otros metabolitos secundarios que no fueron analizados en el presente estudio. Estas variaciones podrían atribuirse al tipo de solvente empleado para la extracción, ya que la solubilidad de los metabolitos secundarios puede variar en función del solvente utilizado.

En comparación con el presente estudio, en el que se realizó un análisis químico preliminar mediante pruebas cualitativas, otros autores utilizaron técnicas instrumentales que permitieron caracterizar con mayor detalle la composición química de *T. mucronatum*, identificando metabolitos específicos pertenecientes a distintos grupos, entre ellos compuestos fenólicos, incluidos flavonoides y biflavonoides, terpenoides y fitoesteres. Estos metabolitos han sido asociados a múltiples actividades biológicas, principalmente antioxidantes, antimicrobianas y citoprotectoras (Pan *et al.*, 2005; Gallegos-Ramírez, 2006; Luján-Hidalgo *et al.*, 2012; Mendoza *et al.*, 2026). En el presente estudio, los resultados concuerdan con los autores antes mencionados, refiriendo que en conjunto estos metabolitos podrían contribuir a explicar la respuesta citoprotectora observada en el ciclo celular (% IM) y la baja frecuencia de micronúcleos en las células meristemáticas radiculares de *V. faba*.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio aportan evidencia sobre la seguridad biológica del extracto acuoso de *Taxodium mucronatum* Ten. en el modelo vegetal *Vicia faba* L. y constituyen una base para futuras investigaciones orientadas a profundizar en su composición química, su mecanismo de acción y su evaluación en otros modelos biológicos.

Mediante el análisis del porcentaje de índice mitótico (%IM) se encontró que el extracto no provocó alteración importante en la división celular, por lo que no se observó evidencia de citotoxicidad relevante en las concentraciones evaluadas.

La evaluación de daño a nivel genético mediante el ensayo de micronúcleos mostró que el extracto no produjo un incremento significativo en la frecuencia de micronúcleos con respecto al testigo negativo, lo que sugiere que, bajo las condiciones experimentales evaluadas, el extracto no presentó un efecto genotóxico.

El análisis químico preliminar del extracto permitió identificar la presencia de saponinas, fenoles, flavonoides, taninos y glucósidos. Estos grupos de metabolitos secundarios constituyen una parte importante de la composición química reportada para esta especie.

BIBLIOGRAFIA

Al-Sayed, E. (2018). Unearthing the chemical composition of *Taxodium distichum* (L.) Rich leaf essential oil and its antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 126, 76–82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669018308720>

Alegre, A., Iannacone, J., & Carhuapoma, M. (2017). Toxicidad del extracto acuoso, etanólico y hexánico de *Annona muricata*, *Minthostachys mollis*, *Lupinus mutabilis*, y *Chenopodium quinoa* sobre

Tetranychus urticae y *Chrysoperla externa*. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 33(3), 273-284. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000705>

Alelign, T., Chalchisa, D., Fekadu, N., Solomon, D., Sisay, T., Debella, A., & Petros, B. (2020). Evaluation of acute and sub-acute toxicity of selected traditional antiulcerogenic medicinal plant extracts in Wistar albino rats. *Toxicology Reports*, 7, 1356-1365. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.10.001>

Arriaga-Arana, E. L., Montero-Matías, E. D., Bautista-Ramírez, M. E., & Gómez y Gómez, Y. D. I. M. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante in vitro de los extractos de cuatro plantas medicinales. *Docencia e Investigación en Química*, 1(1), 1128-1133 <https://zaloamati.azc.uam.mx/server/api/core/bitstreams/e7def9ff-4df1-426d-8be6-910e0f900988/content>

Carranza, E. (1992). Taxodiaceae. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. Instituto de Ecología, A. C. Centro Regional del Bajío. Fascículo 4, 1-7. <https://doi.org/10.21829/fb.131.1992.4>

Comisión Nacional Forestal. (s. f.). *Taxodium mucronatum*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1011Taxodium%20mucronatum.pdf>

Cortés-Arroyo, A. R., Domínguez-Ramírez, A. M., Gómez-Hernández, M., Medina-López, J. R., Hurtado de la Peña, M., & López-Muñoz, F. J. (2011). Antispasmodic and bronchodilator activities of *Taxodium mucronatum* Ten leaf extract. *African Journal of Biotechnology*, 10(1), 54-64. https://www.researchgate.net/publication/266884463_Antispasmodic_and_bronchodilator_activities_of_Taxodium_mucronatum_Ten_leaf_extract

De la Cruz, S., Rodríguez, E., Dávalos, H. N., & Astudillo-Vázquez, A. (2012). Acute toxicity and decreased peristalsis in mice caused by *Taxodium mucronatum* and *Acacia farnesiana* extracts. *Revista Latinoamericana de Química*, 40(1), 19-25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-59432012000100003&lng=es&tlng=

Gallegos-Ramírez, L. A. (2006). *Aplicación de la cromatografía de líquidos de alta resolución en la investigación de flavonoides en plantas medicinales mexicanas* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/6104>

Gaona-Ríos, S. O., Gómez-Martínez, A.E., Vergara-Aragón, P., Sánchez-Chinchillas, A., Bustamante-García, R., Sánchez-Alcántara, A. R., Betanzos-Martínez, P. Y., Vázquez-Álvarez, A. M., & Bustamante-García, R. (2026). Inducción de úlcera gástrica por modelo químico (etanol) para la evaluación del efecto gastroprotector del extracto acuoso de *Taxodium mucronatum* en ratas cepa Wistar. *Ambiens Techné et Scientia México*, 14(2), 163-174. <https://atsmexico.org/atsm/article/view/220>

Instituto Nacional del Cáncer. (s.f.). Índice mitótico. En *Diccionario de cáncer del NCI*. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/indice-mitotico>

Juárez-Montoya, E. (2006). *Rastreo de metabolitos secundarios de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio de la UAQ <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/7082>

López-Nigro, M. M., Portmann, E., Angeleri, G., Gurni, A., y Carballo, M. A. (2009). Biomarcadores para evaluación de genotoxicidad potencial. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 8(2), 154-159. <https://www.redalyc.org/pdf/856/85611769014.pdf>

Luján-Hidalgo M.C., Gutiérrez-Miceli F.A., Ventura-Canseco L.M.C., Dendooven L., Mendoza-López M.R., Cruz-Sánchez S., García-Barradas O., y Abud-Archila M. (2012). Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* de Chiapas, México. *Gayana Botanica*, (69) 7-14. <https://www.researchgate.net/>

publication/287447948_Chemical_composition_and_antimicrobial_activity_of_Bursera_graveolens_and_Taxodium_mucronatum_essential_oils_from_Chiapas_Mexico

Lustre-Pereyra, A. (2022). Metabolitos secundarios: las respuestas de las plantas ante el estrés. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v23_n2_a10.pdf

Ma, T.-H., Xu, Z., Xu, C., McConnell, H., Rabago, E. V., Arreola, G. A., & Zhang, H. (1995). The improved Allium/Vicia root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants. *Mutation Research/Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 334(2), 185-195. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(95\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0165-1161(95)90010-1)

Mendoza, N., Pérez-Valera, O., Nieto-Camacho, A., Ramírez-Apan, M. T., Téllez-Martínez, M. G., Escamilla-Silva, E. M., & Delgado, G. (2026). Chemical Constituents of *Taxodium mucronatum* (Cupressaceae) and Some of Its Endophytic Fungi, and Their In Silico and In Vitro Evaluations as SARS-CoV-2 Inhibitors and as Cytotoxic Agents. *Chemistry & Biodiversity*, 23(3), Artículo e03702. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202503702>

Naiman, R., Décamps, H., & Pollock, M. (1993). The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological Applications*, 3(2), 209-212. <https://doi.org/10.2307/1941822>

Onofre-Hurtado, L. F., Bustamante-García, R., Gómez-Martínez, A. E., Rivera-Huerta, M., Gracia-Mora, I., & Carballo-Villalobos, A. I. (2023). Efecto antiinflamatorio de la combinación de los extractos etanólicos de *Rosmarinus officinalis* y *Taxodium huegelii* 16 en ratas Wistar usando un modelo de edema plantar. *Ambiens Techné et Scientia México*, 251-271 <https://atsmexico.org/atsm/article/view/166/211>

Pan, X., Tan, N., Zeng, G., Zhang, Y., & Jia, R. (2005). Amentoflavone and its derivatives as novel natural inhibitors of human Cathepsin B. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 13(20), 5819–5825. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2005.05.071>

Pérez-Almeida, I., Requena-Rondón, F., & Pinero, G. (2022). Riesgos y beneficios de los metabolitos secundarios vegetales para la alimentación animal y humana. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 1(2), 127-142. <https://doi.org/10.57107/hyw.v1i2.30>

Perrusquia, M., Mendoza, S., Bye, R., Linares, E., & Mata, R. (1995). Vasoactive effects of aqueous extracts from five Mexican medicinal plants on isolated rat aorta. *Journal of Ethnopharmacology*, 46(1), 63–69. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(95\)01230-b](https://doi.org/10.1016/0378-8741(95)01230-b)

Prieto, Z., Fernández, R., León-Incio, J., Quijano-Jara, C., & Vallejo-Rodríguez, R. (2008). *Genotoxicidad del dicromato de potasio en meristemos radiculares y meiocitos de Vicia faba*. *Arnaldoa* 15(2): 217 - 226, url={<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:82906968>}

Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1.^a ed. digital). Capítulo 19. Vegetación acuática y subacuática. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 340-364 https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf

Su, Z., Yuan, W., Wang, P., & Li, S. (2013). Ethnobotany, phytochemistry, and biological activities of *Taxodium* Rich. *Pharmaceutical Crops*, 4(1), 1-14. DOI: 10.2174/2210290601304010001

Torres-Rodríguez, M. L., García-Chávez, E., Soto-Peña, G. A., Aradillas-García, C., & Cubillas-Tejeda, A. C. (2016). Evaluación de la toxicidad aguda in vivo del extracto etanólico y acuoso de *Calea urticifolia*. *Botanical Sciences*, 94(1), 133-140. <https://doi.org/10.17129/botsci.191>

Wagner, H., & Bladt, S. (1996). *Plant drug analysis: A thin layer chromatography atlas* (2.^a ed.). Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1002/pauz.19970260314>

SOBRE A ORGANIZADORA

La **Dra. Alda Rocío Ortiz Muñiz** es bióloga, maestra y doctora en Ciencias por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Desde 1979 desarrolla actividades académicas y de investigación en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), donde actualmente es Profesora Titular “C” de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

Es fundadora y responsable del Laboratorio de Biología Celular y Citometría de Flujo de la UAM-I. Sus principales líneas de investigación son: 1) el estudio de los efectos asociados con la desnutrición y la obesidad, con énfasis en alteraciones celulares, citogenéticas y genómicas; y 2) la aplicación de la citometría de flujo en investigación básica y clínica para el análisis de procesos celulares en diferentes condiciones fisiológicas y patológicas.

Ha dirigido proyectos de investigación, tesis de licenciatura y posgrado, y ha contribuido a la formación de recursos humanos especializados en las áreas de nutrición, genética toxicológica, biología celular y citometría de flujo. Sus investigaciones se han centrado en el estudio de la inestabilidad genómica, la genotoxicidad y la evaluación de biomarcadores celulares en modelos experimentales y poblaciones humanas.

Ha publicado artículos científicos, capítulos de libro y trabajos de divulgación, además de participar activamente en redes de colaboración académica. Fue Presidenta de la Sociedad Mexicana de Genética durante el periodo 2003–2005 y es integrante del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores desde 1986. Actualmente cuenta con el nombramiento de Investigadora Nacional Nivel III.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2501-2916>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aceite de aguacate 50, 55, 57

Aceite de girasol 50, 53, 54, 56, 57

Aceite de oliva 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 58

Aceite ozonizado 50, 52, 53, 54

Aguas 82, 83, 85, 93, 94, 99, 100, 103, 106

Alcohol polivinílico 38, 39, 40, 42, 46, 47

Ammonium sulfate precipitation 1

Antimicrobiano 13, 24, 50, 52, 53, 55, 56, 57

Azocolorante 101, 102, 104, 106

B

Biocontrol 60, 62, 70, 75, 76, 78, 79

Biodegradación 102, 105, 106

Biomassas naturales 92, 93

Biorremediación 90, 93, 95, 102, 103, 106, 107

C

Células troncales mesenquimales 39, 40, 42, 45, 46, 47

Chili powder 59, 60, 62, 74, 75, 79, 80

Citotoxicidad 22, 25, 27, 33, 35

Contaminación 26, 83, 84, 90, 91, 93, 101, 107

Creacionismo 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119

Cromo (VI) 92, 93, 94, 99, 100

Cupressaceae 22, 37

D

Darwinismo 109

Demarcación científica 109, 111

E

Eliminación 90, 93, 99, 100, 107

Especiación 111, 117, 121, 123, 124, 125

Evolución biológica 109, 110, 122

Evolución humana 121, 122

Extracción de proteína de plantas 1

F

Fungal pathogens 60, 64, 71

G

Genética de poblaciones 118, 121, 123, 129

Genome sequencing 60, 62, 64, 74, 75, 77, 78

H

Homo sapiens 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Hongos contaminantes 83, 84

I

Índice mitótico 22, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36

K

Kosakonia cowanii Ch1 59, 60, 61

L

Lacasas 102, 103, 105, 106

M

Membranas 13, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 48, 103

Metales pesados 82, 83, 84, 85, 86, 90, 91, 93, 94, 99

Morfología 12, 18, 19, 20, 39, 40, 42, 46, 48, 122, 127

N

Nanopartículas 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20

Naturaleza de la ciencia 109, 118

O

Óxido de zinc 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19

P

Paleoantropología 121, 122, 123

Planta medicinal 3, 22

Q

Quitosano 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48

S

Síntesis biogénica 12, 18, 20

Suelos 82, 83, 84, 94

T

Taxodium huegelii 22, 37

TCA/acetona 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Tierras agrícolas 82, 83

TRI-Reagent 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9

V

Volatile organic compounds 60, 62, 64, 70, 72, 74, 80

