

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 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 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 4

MEMBRANAS A BASE QUITOSANO-ALCOHOL POLIVINÍLICO CON DIVERSAS TOPOGRAFÍAS PARA EL MANTENIMIENTO DE CÉLULAS TRONCALES MESENQUIMALES¹

Data de submissão: 26/08/2026

Data de aceite: 14/09/2026

David Alejandro Macías Martín

Maestro en Ciencias en la
Unidad de Biotecnología Médica y
Farmacéutica del
Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y
Diseño del Estado de Jalisco. CIATEJ
Guadalajara, México
<https://orcid.org/0000-0002-8287-8823>

Francisco Josué Avelar Rodríguez

Maestro en Ciencias en la
Unidad de Biotecnología Médica y
Farmacéutica del
Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y
Diseño del Estado de Jalisco. CIATEJ
Guadalajara, México
<https://orcid.org/0000-0002-1222-1471>

Zaira Yunuen Carvajal García

Doctora en Farmacia
Investigación en Biomateriales en la
Unidad de Biotecnología Médica y
Farmacéutica del
Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y
Diseño del Estado de Jalisco. CIATEJ
Guadalajara, México
<https://orcid.org/0000-0002-9216-0612>

Flor Yohana Flores Hernández

Maestra en Ciencias de la Salud
Investigación en Terapia Celular en la
Unidad de Biotecnología Médica y
Farmacéutica del
Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y
Diseño del Estado de Jalisco. CIATEJ
Guadalajara, México
<https://orcid.org/0000-0002-4231-1195>

RESUMEN: En este trabajo se sintetizaron biomateriales a base de quitosano (CTS)/ alcohol polivinílico (PVA) mediante evaporación del disolvente, con el fin de obtener membranas con diferentes topografías para el mantenimiento y crecimiento de células madre mesenquimales (hMSC) derivadas del cordón umbilical, tejido adiposo y pulpa dental. La topografía de las membranas obtenidas se analizó mediante microscopía de fuerza atómica. El comportamiento de las células mesenquimales cultivadas en

¹ Agradecimientos a los programas por el apoyo económico otorgado. El trabajo fue financiado parcialmente por Proyecto 233146 CONAHCYT-SSA-IMSS-ISSSTE. Nuestro agradecimiento a la Dra. Maria José Rivas, en el laboratorio de Biotecnología y Bioprocesos, del edificio de Medicina y Salud del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en Guadalajara. Se agradece al Dr. Gabriel Luna Bárcenas del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional CINVESTAV en Querétaro.

los materiales se supervisó mediante técnicas de microscopía óptica. Se obtuvieron membranas con superficies lisas, surcos lineales y celdas hexagonales, que mostraron una elevada higroscopicidad al exponerse a medios acuosos. Se demostró que las células mesenquimales cultivadas en las membranas eran viables a las 24 horas; sin embargo, mantuvieron una morfología esférica, formando conglomerados. Al realizar subcultivos de estas hMSC en cajas de cultivo, adquirieron una morfología fibroblástica típica y proliferaron en las cajas; es decir, las células mesenquimales mantuvieron su viabilidad y tuvieron la capacidad de volverse a adherir al sustrato de cultivo. Por lo tanto, las membranas de CTS/PVA podrían utilizarse como posibles vehículos o portadores de células madre mesenquimales para la administración de materiales biológicos y la terapia celular en medicina regenerativa.

PALABRAS CLAVE: células troncales mesenquimales; membranas; quitosano; alcohol polivinílico.

MEMBRANES BASED ON CHITOSAN-POLYVINYL ALCOHOL WITH VARIOUS TOPOGRAPHIES FOR THE MAINTENANCE OF MESENCHYMAL STEM CELLS

ABSTRACT: In this study, chitosan (CTS) and polyvinyl alcohol (PVA) biomaterials were synthesized via solvent evaporation to produce membranes with different topographies for the maintenance and growth of mesenchymal stem cells (hMSCs) derived from umbilical cord, adipose tissue, and dental pulp. The topography of the resulting membranes was analyzed using atomic force microscopy. The behaviour of mesenchymal cells cultured on the materials was monitored using optical microscopy. Membranes with smooth surfaces, linear grooves, and hexagonal cells were obtained, all of which exhibited high hygroscopicity when exposed to aqueous media. It was demonstrated that mesenchymal cells cultured on the membranes remained viable after 24 hours; however, they maintained a spherical morphology and formed clusters. When these hMSCs were subcultured in culture dishes, they acquired a typical fibroblastic morphology and proliferated, maintaining their viability and adhesion properties. Therefore, CTS/PVA membranes could serve as potential vehicles or carriers for mesenchymal stem cells for the delivery of biological materials and cell therapy in regenerative medicine.

KEYWORDS: mesenchymal stem cells; membranes; chitosan; polyvinyl alcohol.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las células troncales como base en terapia celular impulsa la medicina regenerativa. La administración de fármacos asistida por material biológico y la terapia celular se han estudiado cada vez más en los últimos años. (Hussen BM., et al., 2024). Un vehículo o acarreador adecuado, no solo puede proteger a las células madre de agresiones mecánicas y prevenir la migración fuera de los sitios objetivo, sino que también, les proporciona condiciones de crecimiento adecuadas.

En este sentido, el microambiente de las células troncales juega un papel importante en la iniciación y regulación de su diferenciación (Qu, Fu, Han, & Sun, 2019). Ese comportamiento es modulado por propiedades de los biomateriales tales como el tamaño de poro, la topografía, la geometría y la rigidez; éstas promueven la distribución celular, la adhesión, la migración, la morfología, la proliferación y finalmente la diferenciación hacia estirpes con alto valor para su uso en la regeneración de diversos tejidos, como cartilago, óseo, dental, pancreático, entre otros. (Jingming Gao et al., 2022; Qu et al., 2019)

El alcohol polivinílico (PVA) es un polímero sintético, hidrofílico y biocompatible, incoloro e inodoro, preparado mediante la hidrólisis del poli(acetato de vinilo), donde los grupos acetato se reemplazan por hidroxilos (Pugar D. et al., 2024), por otro lado, el quitosano (CTS), un polisacárido natural derivado de la quitina (Gholap AD. Et al., 2023), ambos son utilizados para diferentes aplicaciones en la ingeniería de tejidos. Estos materiales son útiles en biotecnología médica y farmacéutica, como excipiente, adhesivo, formador de películas, matriz, en preparaciones oftálmicas y medicamentos de liberación controlada, entre otras diversas aplicaciones. (Martínez-Vela, L. et al., 2026). Sin embargo, algunas de ellas requieren mejoras en las propiedades mecánicas y topográficas, para lo cual se han modificado mediante agentes químicos reticulantes como el glutaraldehído o la epíclorhidrina y se han utilizado moldes metálicos (Pugar D. et al., 2024; Garnica-Palafox IM et al., 2014).

Por lo anterior, en este trabajo se planteó utilizar biomateriales a base de quitosano y alcohol polivinílico tipo membranas con diversas topografías, que puedan ser utilizados como soportes en medicina regenerativa para el mantenimiento de células troncales mesenquimales humanas (hMSCs). La respuesta celular fue analizada mediante métodos de cultivo celular, microscopía óptica y de fuerza atómica.

2. METODOLOGÍA

2.1. PREPARACIÓN DE LOS BIOMATERIALES A BASE DE CTS-PVA

Para la preparación de las membranas de CTS y PVA se siguió lo descrito por (Garnica-Palafox et al., 2014).

Supensiones poliméricas: Se preparó una suspensión de quitasol al 2.5% p/v en una solución de ácido acético 0.4 M (2.5g en 100 mL de ácido acético 0.4 M) y de dejó en agitación mecánica por 2 horas. La suspensión de PVA se preparó al 7.8% p/v en agua destilada a 90°C manteniendo en agitación magnética por 2 h.

La mezcla de CTS-PVA se preparó en una proporción 4 a 3 respectivamente, dejando en agitación por 2 horas. Se pesaron 100 g de esta mezcla y se procedió al entrecruzamiento químico con epiclorhidrina, se llevó en baño maría a 40 °C y con agitación magnética constante durante 30 minutos, se añadieron 2.85mL de NaOH 1M (por cada 100 g de mezcla CTS-PVA) como catalizador, agitando por 10 minutos, después se añadieron 750 µL de ECH y se dejó en agitación durante 1 h.

2.2. FORMACIÓN DE LAS MEMBRANAS DE CTS-PVA CON DIFERENTES TOPOGRAFÍAS

Esta mezcla fue agregada a placa de cultivo Petri de 10 centímetros de diámetro para formar la membrana, dejando secar a 37°C por 24 horas. Se realizaron 13 lavados con agua destilada para retirar ácido acético y epiclorhidrina residuales.

Se generaron membranas con tres diferentes topografías superficiales utilizando moldes metálicos para crear: superficies lisas, surcos lineales en altorrelieve y celdas hexagonales. Para ello se vertieron 15 mL de la mezcla en una caja Petri de 10 cm de diámetro y se colocaron los moldes metálicos con la finalidad de obtener las topografías deseadas. Se dejaron secando por aproximadamente 2 horas a 60 °C y se desprendieron de los moldes metálicos cuidadosamente.

Las membranas se recortaron de acuerdo con las dimensiones del tamaño del pozo de cultivo de 2 cm², se realizaron 13 lavados con agua estéril, y se colocaron sobre el fondo de cada pozo y se procedió al entrecruzamiento físico por radiación UV empleando un crosslinker CL-1000 (254 nm y 1.6 Joules/cm²) para su esterilización (Garnica-Palafox et al, 2014).

2.3. CAPACIDAD DE CAPTACIÓN DE AGUA

Para evaluar la capacidad de hidratación, se dejaron secar a 37°C por 24 horas, volviendo a rehidratar con agua destilada, PBS o medio, después de 20 días se corroboró degradación, para ello se utilizó la siguiente formula;
$$\text{Water absorption (\%)} = \frac{(S - W)}{W} \times 100$$

2.4. MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA (AFM)

Las muestras circulares con 5 milímetros de diámetro con las topografías superficies lisas, surcos lineales y celdas hexagonales fueron examinadas usando un microscopio de fuerza atómica en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional en Querétaro.

2.5. CULTIVO DE CÉLULAS TRONCALES MESENQUIMALES

Las células troncales mesenquimales de cordón umbilical (hUCMS) y tejido adiposo (hAMSCs) fueron adquiridas del banco ATCC (American Type Culture Collection PSC-500-010 y PSC-500-011 respectivamente), las células de pulpa dental (hDPMSCs) fueron aisladas de un tercer molar donado bajo consentimiento informado por un paciente de 22 años, sexo masculino, siguiendo los protocolos de ética. Se procedió a fenotipificar su estirpe identificando marcadores mesenquimales de membrana para CD90, CD105 y CD44, así como marcadores hematopoyéticos, por citometría de flujo, y se realizó la diferenciación a linajes del mesodermo (osteoblastos, adipocitos y condrocitos), según la sociedad internacional de terapia celular (ISCT), se utilizaron medio comerciales marca SIGMA ya formulados y posteriores tinciones de rojo oleoso (adipocitos), azul alciano (fibras de colágeno) y Von Kossa (depósitos de calcio). Todas las células mesenquimales fueron cultivadas en medio DMEM-F12 suplementado con 10% de suero fetal bovino (SFB), incubadas a 37°C en atmósfera húmeda con CO₂ al 5%.

2.6. CULTIVO CELULAR EN LAS MEMBRANAS DE PVA-CTS ENTRECRUZADAS

Las membranas se sometieron a una segunda exposición de radiación ultravioleta por veinte minutos dentro de un área estéril (campana de flujo laminar); después se agregó 1 mL de suspensión celular con 62,500 células a cada uno de los pozos, dejándolas en cultivo a 37°C con 5% de CO₂, en humedad relativa. Se evaluó la morfología celular mediante microscopía óptica y se obtuvieron imágenes empleando una cámara marca Optika digital, dando un seguimiento durante 15 días.

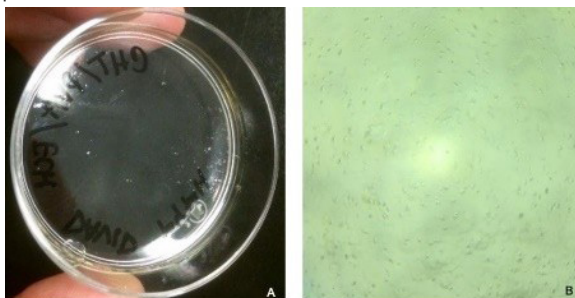
3. RESULTADOS

3.1. EVALUACIÓN DE LA MEMBRANA DE QUITOSANO Y ALCOHOL POLIVINÍLICO

Se produjo una película homogénea a la cual se le evaluó el pH (figura 1), para verificar que el material contara con un pH cercano a 7, lo cual se logró, esto es relevante ya que las células se mantienen viables a pH cercanos a pH fisiológico.

Por otro lado, el tratamiento de superficie con ácido acético y posteriores lavados influyó directamente en la estabilidad de las películas CTS-PVA, las cuales no se expandieron al ser rehidratadas manteniéndose sin deformaciones.

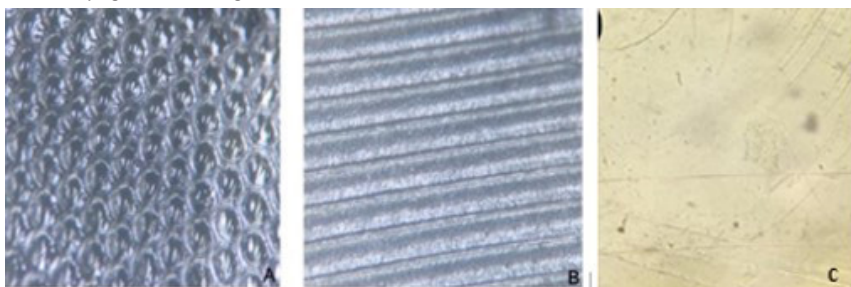
Figura 1. Placa Petri con membrana de CTS-PVA. (A): Se puede observar la membrana con topografía lisa. (B): Fotografía de microscopía de la membrana hidratada a un aumento de 200X.



3.2. MOLDEADO DE QUITOSANO Y ÁCIDO POLIVINÍLICO CON DIFERENTES TOPOGRAFÍAS

Las películas del biomaterial fueron impresas, logrando las topografías deseadas, únicamente la topografía lineal sufrió un moldeo menos uniforme que la topografía hexagonal, esto fue perceptible por microscopía, como se muestra en la figura 2. Esto fue verificado por AMF.

Figura 2. Fotografías de microscopía estereoscópica a un aumento de 20X de las membranas de biomaterial (A): Moldeado con topografía de hexagonal, (B): moldeado lineal. (C) Lisas.



3.3. MICROSCOPIA DE FUERZA ATÓMICA (AFM).

Para la caracterización de las membranas por AFM se obtuvieron mediciones relativas a su topografía, que corresponden a dimensiones de rugosidad, número de orificios ordenados de acuerdo con su volumen, perímetro y áreas, así como número de eventos de diferentes alturas medidas. Las películas mostraron en general superficies uniformes respecto a su aspecto macroscópico.

Las imágenes generadas por el software son gráficos en dos y tres dimensiones que muestran las medidas longitudinales, la máxima altura topográfica detectada en la región digitalizada y una barra de tonalidades que muestra cómo se da la texturización de la imagen por colores. En seguida se muestran gráficos que agrupan en barras el

número de eventos detectado según la altura (en inglés *height*), el número de agujeros detectado según su perímetro (en inglés *perimeter*), según su volumen y su área, así como su localización dentro de la región digitalizada (figura 3). El AMF muestra que la superficie hexagonal presenta mayor uniformidad que las topografías lisa y lineal, es decir, la porosidad y el conteo de agujeros son considerablemente menores en comparación con las topografías lisa y lineal. En una comparativa las dimensiones de los agujeros detectados eran similares tanto en largo, ancho y profundidad, que alcanzarían un micrómetro de longitud (figura 3, tabla 1), mientras que la topografía hexagonal presenta la mayor rugosidad (RMS) calculada, por lo que se postula como la topografía que más favorecería a la adhesión celular debido a que tendría una mayor superficie de contacto (figura 4).

Tabla 1. Comparativa de los promedios de las mediciones realizadas a las superficies lisa, lineal y en panal.

Topografía	Rugosidad RMS	Agujeros		
		Área máx. (nm ²)	Perímetro máx. (nm)	Volumen máx. (nm ³)
Lineal	8.32			
Lisa	22.45	16637.5	968.75	377500
Panal	64.66	16562.5	375	140000

Figura 3. Comparativa de diversos acercamientos en las películas lisa (columna A), lineal (columna B) y de celdas (columna C) por microscopía de fuerza atómica con longitudes de 20, 10, 5, 3 y 1 μm por lado.

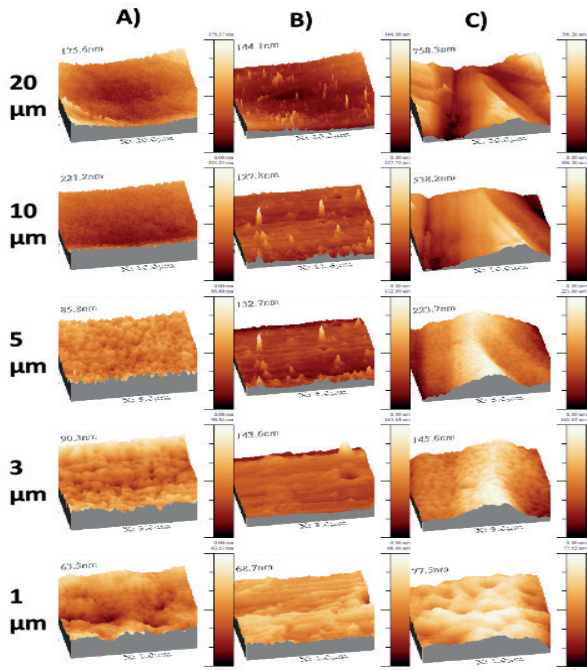
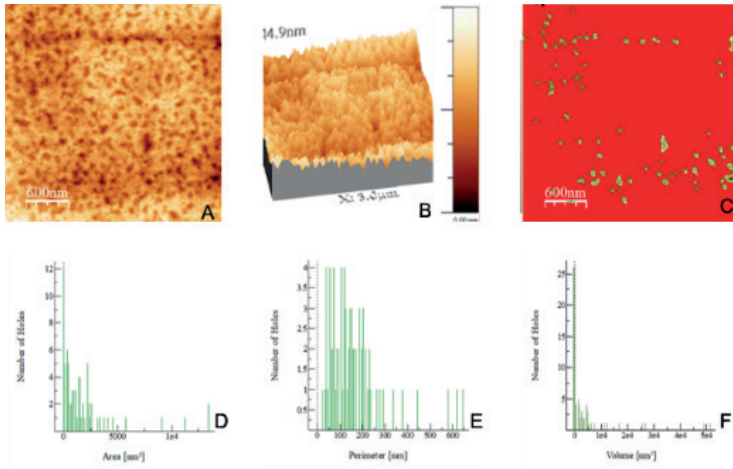


Figura 4. Representación gráfica de una región de $3 \times 3 \mu\text{m}$ con topografía hexagonal. (A): Alturas máximas de 44.9 nm bidimensional; (B): Altura tridimensional; (C): Agujeros localizados en la misma región; (D): Áreas menores a 2500 nm^2 ; (E): Perímetros inferiores a 250 nm y (F): Volúmenes por debajo de 5000 nm^3 .

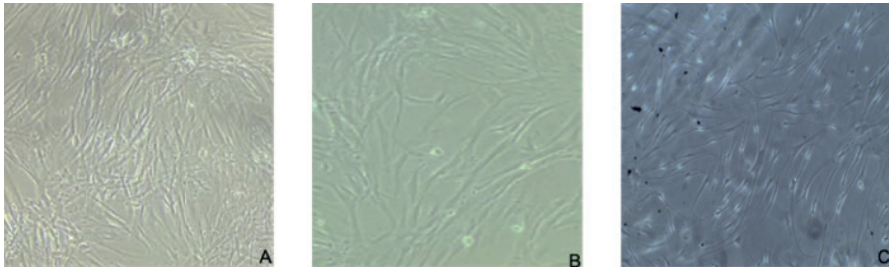


3.4. CULTIVO Y VERIFICACIÓN CELULAR

Todas las células troncales mesenquimales (hMSCs) fueron cultivadas de forma estándar en botellas de cultivo 25 cm^2 , a las 24 h mostraron una confluencia de entre 40 y 60% en 25 cm^2 .

Las hAMSCs y hUMSCs que fueron adquiridas de la casa comercial ATCC contaban con un certificado de análisis que estipula que fueron evaluadas y cumplieron con las especificaciones que solicita la sociedad internacional para la terapia celular (ISCT) para la estirpe de células troncales mesenquimales.

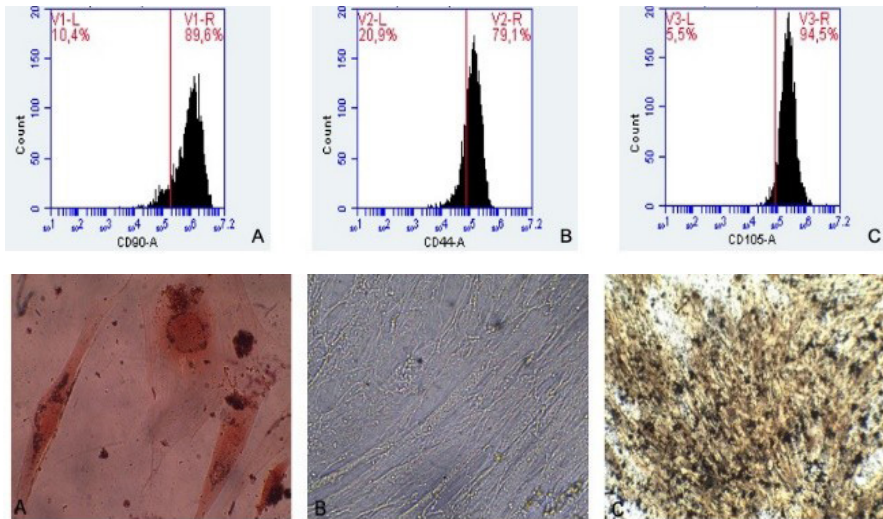
Figura 5. Fotografías de microscopía óptica con un aumento de 200X de los cultivos de células troncales mesenquimales. (A): Cordón umbilical (B): Tejido adiposo y (C): Pulpa dental.



Por otra parte, las DPSC adquiridas de exodoncia fueron capaces de diferenciarse a adipocitos, condrocitos y osteocitos y mostraron porcentajes positivos a marcadores mesenquimales en un 89.6% para CD90, 79.1% para CD44 y CD105

94.5%, también se pueden observar con las tinciones de rojo oleoso las vesículas de lípidos, las fibras de colágeno con la tinción de azul alciano, y depósitos de calcio con tinción Von Kossa (figura 6), por lo anterior las células de pulpa dental cuentan con las características solicitadas por la ISCT para ser consideradas como mesenquimales. (Martin, Ireland, Baldomero, & Passweg, 2014).

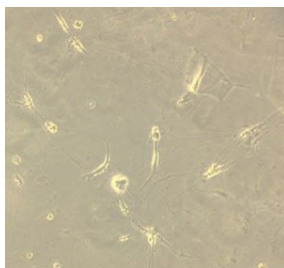
Figura 6. En la parte superior se muestran los histogramas con los porcentajes de positividad de cada marcador mesenquimal (colocando como límite la autofluorescencia). En la parte inferior se observan las imágenes de las diferentes diferenciaciones. A. Rojo oleoso; B. Azul alciano y C. Von Kossa.



3.5. CÉLULAS TRONCALES MESENQUIMALES SOBRE UNA SUPERFICIE DE QUITOSANO CON ALCOHOL POLIVINÍLICO

Al exponer las hMSCs a las membranas de los biomateriales, estas mostraron mantenerse estables, manteniendo morfología habitual esférica al estar en suspensión. Aunque se logró mantener una película adecuada para poder colocar células troncales al inocular las células al as 24 horas se observó una mínima adherencia celular, figura 7; es por ello en este material se probaron diversas topografías con la finalidad de incrementar la adhesión celular y a su mantenimiento en este biomaterial ya que para otros tipos celulares estas formulaciones han dado buenos resultados como sustrato de cultivo como lo mencionó Melgarejo-Ramírez, Y. et., al en el 2014.

Figura 7. Fotografía de microscopía óptica de los cultivos de células troncales mesenquimales de tejido adiposo expuestas a las superficies de CTS-PVA a las 24 horas en las que podemos observar escasa adherencia a un aumento de 200X.

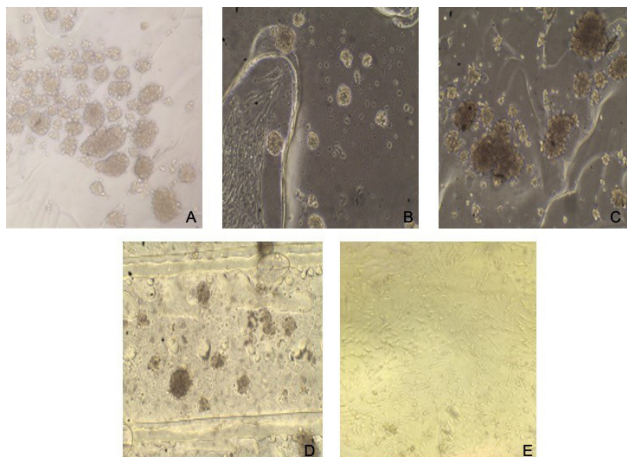


3.6. ADAPTACIÓN DE LAS DIFERENTES TOPOGRAFÍAS DE QUITOSANO CON ALCOHOL POLIVINÍLICO EN PLACAS DE CULTIVO

Las células se adhirieron en la periferia libre de la película, demostrando que sí permite la proliferación celular en el entorno. El biomaterial no demostró capacidad de promover la adherencia de hMSC's, se observó la formaron conglomerados celulares (figura 8), con prolongaciones originadas de la parte inferior anclándolas a la superficie de las membranas de CTS-PVA. Por lo que éste fenómeno se presenta como una oportunidad para estudiar los efectos diferidos sobre células somáticas como las utilizadas en el trabajo publicado por (Garnica-Palafox et al., 2014).

En nuestro caso, se pudieron observar agregados celulares en la película de topografía lisa, mientras que en la película de topografía hexagonal se presentó proliferación celular.

Figura 8. Fotografías de microscopía óptica a un aumento de 200X de los cultivos de células troncales mesenquimales de tejido adiposo expuestas a las membranas. (A): Grumos celulares en la membrana de topografía lisa; (B): Agujeros en la película de topografía lisa con proliferación celular; (C): Grumos celulares en la película de topografía hexagonal; (D): Grumos celulares en la película de topografía lineal; (E): Cultivo control con grumo celular con prolongaciones sobre la película con topografía hexagonal.



4. CONCLUSIÓN

Las hMSC's cultivadas sobre las membranas de PVA-CTS entrecruzadas con ECH mantenían una morfología esférica, formando conglomerados celulares. A pesar de que no hubo adhesión celular, las células mantuvieron su capacidad de proliferación. Al subcultivar las células expuestas a las membranas de CTS-PVA-ECH, en cajas de cultivo ausentes de membranas, estas volvieron a adherirse, adquirir su morfología fibroblastoide típica y proliferar, es decir, las células mesenquimales mantuvieron su viabilidad y la propiedad de adhesión. Por lo que, las membranas podrían ser empleadas como potenciales vehículos/acarreadores de hMSC's para aplicaciones en la administración de material biológico y terapia celular en medicina regenerativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garnica-Palafox, I. M., Sánchez-Arévalo, F. M., Velasquillo, C., García-Carvajal, Z. Y., García-López, J., Ortega-Sánchez, C., ... Solís-Arrieta, L. (2014). Mechanical and structural response of a hybrid hydrogel based on chitosan and poly(vinyl alcohol) cross-linked with epichlorohydrin for potential use in tissue engineering. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 25(1), 32–50. <https://doi.org/10.1080/09205063.2013.833441>
- Gholap AD, Rojekar S, Kapare HS, Vishwakarma N, Raikwar S, Garkal A, Mehta TA, Jadhav H, Prajapati MK, Annapure U. Chitosan scaffolds: Expanding horizons in biomedical applications. *Carbohydr Polym.* 2024 Jan 1;323:121394. doi: 10.1016/j.carbpol.2023.121394
- Hussen BM, Taheri M, Yashooa RK, Abdullah GH, Abdullah SR, Kheder RK, Mustafa SA. Revolutionizing medicine: recent developments and future prospects in stem-cell therapy. *Int J Surg.* 2024 Dec 1;110(12):8002-8024. doi: 10.1097/JS9.00000000000002109
- Jingming Gao, Xiaoye Yu, Xinlei Wang, Yingning He, Jiandong Ding, Biomaterial-Related Cell Microenvironment in Tissue Engineering and Regenerative Medicine, Engineering, Volume 13, 2022, Pages 31-45, ISSN 2095-8099, <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.11.025>.
- Martin, I., Ireland, H., Baldomero, H., & Passweg, J. (2014). The Survey on Cellular and Engineered Tissue Therapies in Europe in 2012. *Tissue Engineering Part A*, 21(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.1089/ten.tea.2014.0515>
- Martínez-Vela, L. d. J., Montero-Cortés, M. I., Qui-Zapata, J. A., Farias-Cervantes, V. S., López-Velázquez, J. C., Chávez-Rodríguez, A. M., Barba-Godínez, J. M., & García-Carvajal, Z. Y. (2026). Gelatin–Chitosan–PVA Hydrogels Incorporating *Trichoderma* and Their Application in the Control of Phytopathogens. *Gels*, 12(2), 144. <https://doi.org/10.3390/gels12020144>.
- Melgarejo-Ramírez, Y., Sánchez-Sánchez, R., García-Carvajal, Z., García-López, J., Gutiérrez-Gómez, C., Luna-Barcenas, G., Ibarra, C., Velasquillo, C. (2014). Biocompatibility of Human Auricular Chondrocytes Cultured onto a Chitosan/Polyvinyl Alcohol/Epichlorohydrin-Based Hydrogel for Tissue Engineering Application. *International Journal of Morphology*, 32(4), 1347-1356. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022014000400036>
- Pugar, D., Haramina, T., Leskovac, M., & Ćurković, L. (2024). Preparación y caracterización de películas de mezcla de polímeros de poli(alcohol vinílico)/quitosano reticuladas químicamente con glutaraldehído: investigaciones mecánicas y térmicas. *Molecules*, 29 (24), 5914. <https://doi.org/10.3390/molecules2924591>

Qu, H., Fu, H., Han, Z., & Sun, Y. (2019). Biomaterials for bone tissue engineering scaffolds: A review. *RSC Advances*, 9(45), 26252–26262. <https://doi.org/10.1039/c9ra05214c>

Rongji Liang, Jiayou Chen, Jingtao Huang, Penghua Fu, Zhijian Shi, Yaohang Yue, Haojian Wang, Haochi Lun, Quan Lin, Fuyang Cao, Hui Zeng, Xintao Zhang, Jianjing Lin, Injectable microsphere-based delivery strategies for stem cells and their derivatives in tissue regeneration, *Bioactive Materials*, Volume 66, 2026, Pages 428–468, ISSN 2452-199X, <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2026.07.005>.

Xu, B., Fan, D., Zhao, Y., Li, J., Wang, Z., Wang, J., Wang, Z., Guan, Z., Niu, B. (2020) Three-dimensional culture promotes the differentiation of human dental pulp mesenchymal stem cells into insulin-producing cells for improving the diabetes therapy. *Frontiers in Pharmacology*, 10 (January), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01576>

Zhu, B., Liu, W., Zhang, H., Zhao, X., Duan, Y., Li, D., Jin, Y. (2017). Tissue-specific composite cell aggregates drive periodontium tissue regeneration by reconstructing a regenerative microenvironment. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 11(6), 1792-1805. <https://doi.org/10.1002/term.2077>

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

