

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL II

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL II

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023



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

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

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

#### Conselho Editorial

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

Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, *Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal*  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil*  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda, Portugal*  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. 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 Bio-Bio, 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 Godínez, *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. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil*  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás, Brasil*  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo, Brasil*  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, *Universidade Federal de Itajubá, Brasil*  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil*  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe, Brasil*  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil*  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia, Brasil*  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Maria 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 Maria Gracinda Carvalho Teixeira, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil*



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> 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 biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades: vol. II / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-83-5

DOI 10.37572/EdArt\_310523835

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.  
I.Simões, Manuel.

CDD 574

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**





## PREFÁCIO

A investigação científica e o desenvolvimento tecnológico têm permitido criar soluções para os mais diversos problemas sociais. Contudo, os avanços científicos e tecnológicos não se podem distanciar das abordagens de disseminação relevantes, que permitam que o conhecimento seja disponibilizado de forma criteriosa e compreensível à comunidade académica, às empresas/indústria e ao público em geral.

O segundo volume da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia” é composto por 12 capítulos que descrevem avanços significativos das ciências e tecnologias biológicas aplicadas a diversas áreas de investigação, complementando os trabalhos publicados no primeiro volume. Em particular, este volume, reúne capítulos relacionados com as ciências biológicas nas seguintes áreas/tópicos: biomédica (capítulos 1 e 2); biologia funcional e biotecnologia de plantas (capítulos 3 a 6); produção e proteção de alimentos (capítulos 7 a 9); ambiente e biorrecursos (capítulos 10 a 12).

O leitor deste volume beneficiará de um conjunto de informação inovadora que, além de ser um excelente contributo científico, contribuiu para dar resposta a diversos objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas.

Manuel Simões

## SUMÁRIO

### MEDICINA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

AISLAMIENTO, CULTIVO Y CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS ESTROMALES MESENQUIMALES DE PULPA DENTAL PROVENIENTES DE POBLACIÓN MEXICANA: PERSPECTIVAS EN EL DESARROLLO DE TERAPIA CELULAR

Flor Yohana Flores Hernández  
Héctor Miguel Ramírez Bedoy  
Laura Susana Villa García Torres  
Gleira Lisseth González Pelayo  
Luz Patricia Escobar Santibáñez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238351](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238351)

#### **CAPÍTULO 2..... 14**

ALTERACIÓN EN VIABILIDAD CELULAR, DAÑO EN ADN Y CAMBIOS EN LA EXPRESIÓN DE HSP70 EN LEUCOCITOS HUMANOS EXPUESTOS A RADIACIÓN UVA Y CALOR

David Alejandro García López  
Rosa Gabriela Reveles Hernández  
Rosa María Ramírez Santoyo  
Luz Elena Vidales Rodríguez  
María Argelia López Luna  
Sergio Hugo Sánchez Rodríguez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238352](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238352)

### BIOLOGIA FUNCIONAL E BIOTECNOLOGIA DE PLANTAS

#### **CAPÍTULO 3..... 26**

IDENTIFICACIÓN DE HÍBRIDOS DE *Citrus aurantifolia* X *Citrus limon* UTILIZANDO MARCADORES DE SECUENCIAS SIMPLES REPETIDAS (SSR)

Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán  
Mario Orozco Santos  
Claudia Yared Michel López  
Paola Andrea Palmeros Suárez  
Mayra Guadalupe Mena Enriquez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238353](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238353)

**CAPÍTULO 4..... 40**

DINÁMICA DE CALIDAD, CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE NOGAL PECANERA  
(*CARYA ILLINOINENSIS* KOCH)

Joe Luis Arias-Moscoso  
Francisco Cadena-Cadena  
Felipe Reynaga Franco  
Alejandro García Ramírez  
Gilberto Rodríguez Pérez  
Dulce Alondra Cuevas-Acuña  
José Eliseo Ortiz Enríquez  
Jesús Arnulfo Márquez Cervantes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238354](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238354)

**CAPÍTULO 5..... 45**

GERMINACIÓN *in vitro* DE TRES ESPECIES DE ORQUÍDEAS ENDÉMICAS DE LA  
REGIÓN SUROCCIDENTAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO

María Guadalupe Mendoza García  
Manuel de Jesús Bermúdez Guzmán  
Susana de la Torre Zavala  
Esmeralda Judith Cruz Gutiérrez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238355](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238355)

**CAPÍTULO 6..... 63**

ANÁLISIS DE LA PROPORCIÓN DE SEXOS DE *DIAPHORINA CITRI* KUWAYAMA EN  
EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Araceli Flores Aguilar  
Benito Hernández Castellanos  
Julio César Castañeda Ortega  
Diana Pérez Staples  
Lourdes Cocotle Romero

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238356](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238356)

**PRODUÇÃO E PROTEÇÃO ALIMENTAR**

**CAPÍTULO 7..... 69**

EL POLVO DE DIATOMEAS ES UNA OPCION SUSTENTABLE PARA PROTECCIÓN DE  
MAIZ ALMACENADO

José Guadalupe Loya Ramírez



Félix Alfredo Beltrán Morales  
Sergio Zamora Salgado  
Francisco Higinio Ruiz Espinoza  
Jesús Navejas Jiménez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238357](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238357)

**CAPÍTULO 8.....75**

ANÁLISIS BIOECONÓMICO DEL CULTIVO INTENSIVO FOTO-HETEROTRÓFICO DE CAMARÓN BLANCO (*Litopenaeus vannamei*) EN ALTA SALINIDAD CON REPOSICIÓN MINIMA DE AGUA, PARA EL CICLO VERANO-OTOÑO

Luis Daniel Moreno-Figueroa  
Humberto Villarreal-Colmenares  
Alfredo Hernández-Llamas  
José Naranjo-Páramo  
Mayra Vargas-Mendieta

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238358](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238358)

**CAPÍTULO 9.....82**

¿CÓMO VA EL CAMBIO DE ESTATUS DE LOS CULTIVOS/ALIMENTOS NUS EN CULTIVOS/ALIMENTOS NO-NUS?

Ximena Rocío Cadima Fuentes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3105238359](https://doi.org/10.37572/EdArt_3105238359)

**AMBIENTE E BIORRECURSOS**

**CAPÍTULO 10..... 93**

DECOMPOSITION OF THE INVASIVE ACACIA *LONGIFOLIA* IN A PERI-URBAN STREAM

Manuela Abelho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383510](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383510)

**CAPÍTULO 11..... 105**

REMOCIÓN DE CINCO PRODUCTOS FARMACÉUTICOS CATALOGADOS COMO CONTAMINANTES EMERGENTES EN MEDIO ACUOSO UTILIZANDO LA ESPECIE VETIVER (*Chrysopogon zizanioides*)

Miriam Checa-Artos  
Daynet Sosa del Castillo  
Eulalia Vanegas María

Omar Ruiz-Barzola

Milton Barcos-Arias

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383511](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383511)

**CAPÍTULO 12 .....122**

**GIBBERELLIC ACID DETERMINATION IN AGRICULTURAL SOILS**

Gabriel Hernández-Morales

José Enrique Botello-Álvarez

Marcela Cárdenas-Manríquez

Ricardo Gómez-González

Pasiano Rivas-García

Brenda Ríos-Fuentes

Ramiro Rico-Martínez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_31052383512](https://doi.org/10.37572/EdArt_31052383512)

**SOBRE O ORGANIZADOR.....132**

**ÍNDICE REMISSIVO .....133**

# CAPÍTULO 1

## AISLAMIENTO, CULTIVO Y CARACTERIZACIÓN DE CÉLULAS ESTROMALES MESENQUIMALES DE PULPA DENTAL PROVENIENTES DE POBLACIÓN MEXICANA: PERSPECTIVAS EN EL DESARROLLO DE TERAPIA CELULAR

Data de submissão: 29/04/2023

Data de aceite: 16/05/2023

### Flor Yohana Flores Hernández

Biología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco Av. Normalistas 800 Col Jardines Alcalde C.P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0000-0002-4231-1195>

### Héctor Miguel Ramírez Bedoy

Biología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco Av. Normalistas 800 Col Jardines Alcalde C.P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0009-0009-4349-1544>

### Laura Susana Villa García Torres

Biología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco Av. Normalistas 800 Col Jardines Alcalde C.P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México  
<https://orcid.org/0000-0002-9024-0344>

### Gleira Lisseth González Pelayo

Biología Médica y Farmacéutica del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco Av. Normalistas 800 Col Jardines Alcalde C.P. 44270 Guadalajara, Jalisco, México

### Luz Patricia Escobar Santibáñez

Cirugía Maxilofacial del Hospital Civil "Juan I. Menchaca" Guadalajara, Jalisco, México

**RESUMEN:** Las células troncales, madre o células somáticas mesenquimales de pulpa dental se clasifican dentro de las células madre mesenquimales adultas, cuentan con capacidad multipotente y son un blanco de investigación en el desarrollo de terapia celular y medicina regenerativa. Su obtención no invasiva las promueve como candidatas para la investigación en futuras terapias. Los procesos de aislamiento, cultivo, así como la caracterización requieren un análisis que ofrezca información sobre las poblaciones celulares con las que se trabaja, es decir, que estas cuenten con características específicas de células troncales. Para ello, la Sociedad Internacional de Terapia Celular y Génica propuso desde el 2006, que estas deberían expresar al menos los marcadores CD73, CD90 y CD105 en ausencia de antígenos

hematopoyéticos como CD34, CD45, marcadores de monocitos, macrófagos y linfocitos B, lo cual es importante para consolidar la identidad de células troncales mesenquimales. Este análisis se puede realizar por medio del uso de anticuerpos dirigidos a estos marcadores; la técnica mayormente utilizada es la citometría de flujo. En este trabajo se establecieron métodos de obtención del tejido pulpar, aislamiento, cultivo y caracterización de células troncales provenientes de pulpa dental, así como algunas perspectivas de aplicación. Estos métodos se llevaron a cabo en muestras de piezas dentales procedentes de la población nacional del estado de Jalisco.

**PALABRAS CLAVE:** Células madre. Pulpa dental. Regeneración.

## ISOLATION, CULTURE, AND CHARACTERIZATION OF DENTAL PULP STEM CELLS FROM MEXICAN POPULATION: PERSPECTIVES IN CELL THERAPY DEVELOPMENT

**ABSTRACT:** Dental pulp stem cells are classified among adult mesenchymal stem cells, they have multipotent capability, and they are a research target in the development of cell therapy and regenerative medicine. Their non-invasive obtention promotes them as candidates for research in future therapies. The isolation processes, culture, as well as the characterization, require an analysis that offers information about the cells populations with which one is working, i.e. that these have specific characteristics of stem cells, that is why the International Society for Cell & Gene Therapy proposed since 2006, that they had to express at least the markers CD73, CD90 and CD105 in the absence of hematopoietic antigens such as CD34, CD45, monocytes, macrophages, and B lymphocytes markers, all this is important to consolidate mesenchymal stem cells identity. This analysis can be performed through the use of antibodies targeting these markers; the most widely used technique is flow cytometry. In this work, methods for pulpal tissue obtention, isolation, culture, and characterization of dental pulp-derived stem cells were established, as well as some application prospects. These methods were carried out in tooth samples from the national population of the state of Jalisco.

**KEYWORDS:** Stem cells. Dental pulp. Regeneration.

### 1 INTRODUCCIÓN

Las células troncales de pulpa dental (DPSC, por sus siglas en inglés) se encuentran dentro de la cámara dental en un tejido suave que contiene células del tejido conectivo, células mesenquimales indiferenciadas, fibras neurales, vasos sanguíneos y linfáticos; la pulpa dental se encuentra rodeada de dentina mineralizada. Las funciones principales de la pulpa dental son la producción de dentina y el mantenimiento de la vitalidad de la dentina. Se clasifican dentro de las células madre ecto-mesenquimales y se derivan de la cresta neural (Masthan et al., 2013; Yasui et al., 2017).

Las DPSCs tienen un alto potencial proliferativo, una extensa auto-renovación y un gran potencial para diferenciarse hacia linajes celulares como osteogénicos, condrogénicos, adipogénicos y neurogénicos. Pueden obtenerse de piezas dentales

permanentes, dientes primarios, caducifolios exfoliados y apicales, así como de supernumerarios de forma no invasiva aprovechando el órgano dentario, que es una pieza de desecho (Fageeh, 2021).

Se ha comparado la multipotencia de las DPSC con la de las células madre de médula ósea, ya que estas fueron las primeras células troncales mesenquimales en aislarse. Se ha demostrado que la proliferación, la disponibilidad y el número de células DPSCs son mayores (Gong et al., 2022). Además, su aislamiento se favorece por su gran capacidad de adherencia al plástico cuando son cultivadas, de manera que es posible descartar diversas poblaciones celulares (Aljamie et al., 2016; Leadbeater et al., 2016).

Para verificar la identidad de las células aisladas, se realizan usualmente técnicas de selección clonal, como la citometría de flujo, detectando poblaciones celulares en función de los marcadores de superficie acoplados a fluorocromos (Bourin et al., 2013). De acuerdo con la Sociedad Internacional de Terapia Celular y Génica, o ISCT, por sus siglas en inglés (International Society for Cell & Gene Therapy), las células troncales mesenquimales deben cumplir con características específicas que garanticen la identidad de las poblaciones obtenidas de cultivos primarios. Se busca la presencia de marcadores como lo son CD44, CD73, CD90 y CD105; el conjunto de estos marcadores es una característica de células indiferenciadas, en donde se corrobora que aún representan un tejido definido. Se espera que la población de células troncales mesenquimales exprese estos marcadores en un 95%, sin embargo, es necesario que las poblaciones sean negativas para CD45, CD34, CD14, C11b, CD79 y CD19, los cuales son marcadores de superficie característicos de células de tipo hematopoyético, con lo que se corrobora la pureza de las poblaciones celulares (Wright et al., 2021).

Las terapias con células madre se han convertido en métodos de tratamiento de múltiples enfermedades. Diversas investigaciones se han enfocado hacia la promoción de terapia celular aplicada a padecimientos crónicos, entre los cuales se encuentran defectos bucales y maxilofaciales, diabetes mellitus, enfermedades neurodegenerativas, entre otras. En los últimos años, los estudios se han centrado en la aplicación de células madre e ingeniería tisular para reparar y regenerar las estructuras corporales, disciplina conocida como medicina regenerativa. Se ha planteado la hipótesis de que las células troncales podrían desempeñar un papel clave, ya que pueden ser fácilmente cultivadas e inducidas a procesos de diferenciación para formar diferentes tipos de células especializadas, y con esto, llevar a cabo el objetivo de la ingeniería tisular, es decir, restaurar la vitalidad y la función de tejido enfermo y traumatizado (Wright et al., 2021).

Las células madre de pulpa dental humana se han obtenido por métodos basados en diversos experimentos e investigaciones, entre ellos encontramos el reportado por

Raouf y colaboradores en el año 2014, realizando el aislamiento y cultivo de las DPSCs mediante disgregación enzimática del tejido. Ellos reportaron que estos cultivos crecieron en medio esencial mínimo (MEM) suplementado con 20% de suero bovino fetal (FBS) a 37°C con 5% de CO<sub>2</sub> y 90% de humedad (Mohammad El-Sayed Hassouna et al., 2018).

Por otra parte, Lin y colaboradores, en el mismo año, reportaron otro método de aislamiento en el que las células madre de la pulpa dental humana fueron extraídas de piezas dentales, se congelaron y después se almacenaron a -196°C en tanque de nitrógeno líquido durante 24 horas. Durante la congelación, las células se suspendieron en medio de cultivo que contenía 10% de dimetilsulfóxido (DMSO). Los resultados reportados sobre esta metodología fueron que cuando el medio de congelación no contenía DMSO, las tasas de supervivencia de DPSCs aumentaban una vez que se descongelaban y se cultivaban nuevamente. Dos años atrás, Gioventù y colaboradores reportaron una metodología en la que estudiaron cuatro dientes humanos, que criopreservaron haciendo micro canales en el órgano dentario con la ayuda de rayo láser para ser almacenados a -80°C. Este método ahorra tiempo en el aislamiento de células madre de pulpa dental antes de la criopreservación y, por lo tanto, reduce los costos iniciales y la carga de trabajo del procesado de las piezas dentales (Gioventù & Andriolo, 2012; Wang et al., 2022).

En la actualidad se buscan métodos efectivos, económicos y rápidos para lograr obtener células troncales mesenquimales de piezas dentales en áreas como la pulpa dentaria, para su uso tanto en investigación como en la clínica.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 OBTENCIÓN DE ÓRGANOS DENTARIOS

Las piezas dentales fueron obtenidas por donación bajo consentimiento informado de los pacientes del área de cirugía maxilofacial del OPD (Organismo público descentralizado), siguiendo todos los procedimientos éticos, Dr. Juan I. Menchaca, realizando la extracción de las piezas dentales por cirujanos del mismo departamento, cuando por recomendación médica así se requería. Al ser obtenidas fueron colocadas en tubos cónicos de 15mL, los cuales contenían 3mL de medio RPMI-1640 adicionado con 5% de DMSO, 10% de albúmina humana, 10% de SFB, 100U/mL de penicilina, 100mg/mL de estreptomina y 0.25mg/mL de anfotericina B. Las piezas fueron transportadas en cadena fría en hieleras con geles refrigerantes, y en caso de ser necesario, se congelaron a -80°C. En lo posible, se procesaron en las primeras 12 horas después de la extracción.



## 2.2 OBTENCIÓN DE LAS CÉLULAS DE PULPA DENTAL

Para la estandarización de los procesos de obtención de células troncales se utilizaron 30 muestras. En campana de flujo laminar, se procedió a descontaminar las piezas. Primeramente, se limpiaron con una gasa empapada con anfotericina-B 0.25mg/mL, posteriormente se colocaron en Iodopovidona 8%, PBS1x con 100U/100Mg/mL de Penicilina/Estreptomicina y finalmente en clorhexidina al 0.12%.

Para la obtención de las células del interior del órgano dentario, se probaron dos metodologías:

1. Se perforaron los órganos dentarios desde la corona hasta llegar a la cámara pulpar utilizando una pieza de mano de uso odontológico de alta velocidad. Para hacer la apertura se perforó la corona del diente con una fresa número 8 de carburo, posteriormente se utilizó una fresa del número 2 de carburo para establecer comunicación con la cámara pulpar y, por último, se utilizó una endo-Z para ampliar la cavidad con la finalidad de tener un mejor acceso a la cámara pulpar. En los casos donde se observaron ápices inmaduros, estos simplemente se retiraron con pinzas estériles.
2. Se cortó el órgano dentario a tercio cervical dividiendo corona y raíz, utilizando una pieza de mano de baja velocidad y un disco de diamante de doble vista con mandril, irrigando con agua y jeringa la pieza para evitar el sobrecalentamiento de la misma. Al llegar a la cámara se retiró el tejido pulpar mecánicamente con la ayuda de pinzas, cucharillas para dentina, así como limas Hedstroem y FlexoFile. Si se observaron restos de tejido, se realizaron lavados con DPBS o con el medio de cultivo celular  $\alpha$ -MEM para obtener la mayor cantidad de tejido. Para separar tanto el tejido de los ápices inmaduros, como la pulpa dental, el tejido se fraccionó con bisturí y se colocó en digestión agregando 1mL de tripsina al 0.005%, la cual estaba diluida en DPBS. La solución se colocó en agitación a 160 rpm a temperatura regulada de 37°C por 20 minutos, vórtex 1 minuto, 20 minutos en agitación a 220rpm y un minuto en vórtex nuevamente. Esta suspensión fue centrifugada a 1500rpm por 5 minutos, se descartó el sobrenadante y se resuspendió el botón celular en 5mL de medio  $\alpha$ -MEM adicionado con 10% de SFB, 2mM de L-glutamina, 10UM L-ácido ascórbico 2-fosfato, 1% penicilina-estreptomicina 100U/100mg/mL y 0.25mg/mL de anfotericina B. Esta suspensión se colocó en botellas de cultivo de 25cm<sup>2</sup> ventiladas y se observaron al microscopio invertido a las 24 horas posteriores y diariamente para verificar que se encontrara libre de contaminación, así

como para monitorear si ya se observaban células adheridas. El medio fue reemplazado cada tercer día. Aproximadamente entre los 7 y 15 días se comenzaron a ver las primeras células en crecimiento en cúmulos o rosetas con morfología fibroblástica típica.

Para el mantenimiento de los cultivos celulares se utilizó medio D'MEM suplementado con 10% SBF y 200mM de L-glutamina. Cuando las células se expandieron, se sometieron a criopreservación.

### 2.3 CARACTERIZACIÓN DEL FENOTIPO DE LAS CÉLULAS DE PULPA DENTAL OBTENIDAS

Se realizó un análisis por citometría de flujo para identificar los siguientes marcadores de membrana: CD73, CD90, CD105 y adicionalmente CD44 (Becton Dickinson Human MSC analysis), así como para confirmar la ausencia de marcadores de tipo hematopoyéticos.

Las células se retiraron de la botella de cultivo con tripsina 0.005%, se contaron en una cámara de Neubauer y se colocaron 500,000 células en 300µL de PBS/BSA 0.1%, preparándose 9 microtubos con las mismas proporciones. Las células se fijaron con paraformaldehído frío al 4% agitándose a 120rpm durante 20 minutos; se centrifugaron a 1500 rpm durante 2 minutos, se retiró el sobrenadante y se prosiguió con el marcaje empleando los anticuerpos. Se colocaron 5 µL de los anticuerpos individuales en cada tubo correspondiente y se colocaron 10µL para los controles de isotipo, así como para el coctel positivo y negativo. Se incubaron durante 1 hora a temperatura ambiente, protegidos de la luz y en agitación constante a 90 rpm. Se realizó un lavado para retirar el exceso de anticuerpos, agregándose 500µL de PBS/BSA 0.1% y se centrifugaron a 1500 rpm durante 2 minutos. Se retiró el sobrenadante y se resuspendieron en 300µL de PBS/BSA 0.1%. Finalmente, se procedió a hacer el análisis en el citómetro Accuri C6 BD.

### 2.4 POTENCIAL DE DIFERENCIACIÓN MULTI-LINAJE DE LAS CÉLULAS DE LA PULPA DENTAL

Se realizó el cultivo de las células de pulpa dental en placas de seis pozos, colocándose un millón de células por cada uno. La diferenciación hacia osteoblastos (411D-250 Cell applications), adipocitos (811D-250 Cell applications) y condrocitos (411D-250 Cell applications), se realizó con medios formulados para dichos procesos; las células se cultivaron con los respectivos medios de diferenciación durante 24 días.

Para la confirmación de los tipos de células obtenidas después del proceso, se trabajó con tinciones como lo marca la Sociedad Internacional de Terapia Celular y

Génica para el aislamiento e identificación de células troncales. Se realizó tinción con rojo oleoso para identificar vacuolas lipídicas en las células diferenciadas hacia linaje adipocítico, tinción con azul alciano para identificación de fibras de colágena en las células diferenciadas hacia linaje condrogénico y, finalmente, se realizó la tinción de Von Kossá para evidenciar depósitos de calcio en células diferenciadas hacia linaje osteogénico.

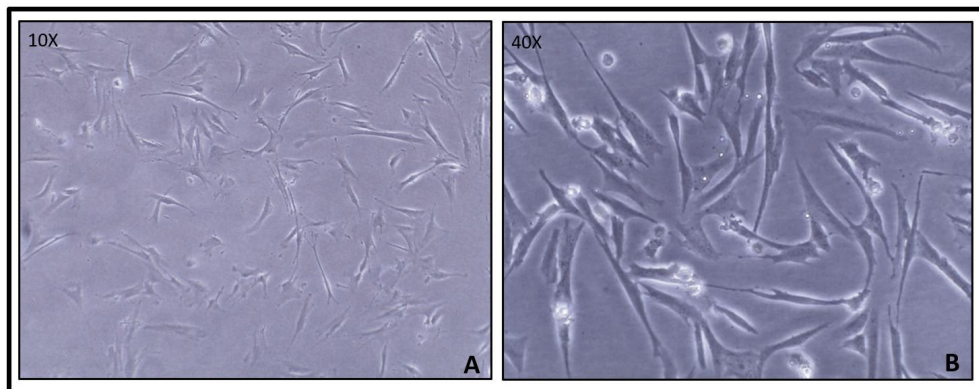
### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CRECIMIENTO CELULAR DE LOS CULTIVOS PRIMARIOS DE LA PULPA DENTAL

Las células aisladas de la pulpa dental de las piezas recolectadas muestran una morfología fibroblastoide alargada, además, son adherentes al plástico. La morfología de las células aisladas se aprecia similar a la morfología descrita para células troncales mesenquimales.

En la figura 1 se muestran fotografías representativas del crecimiento de las células obtenidas en cultivo. Las primeras células en crecimiento se observaron entre los 7 y 15 días después del cultivo de los explantes de la pulpa dental.

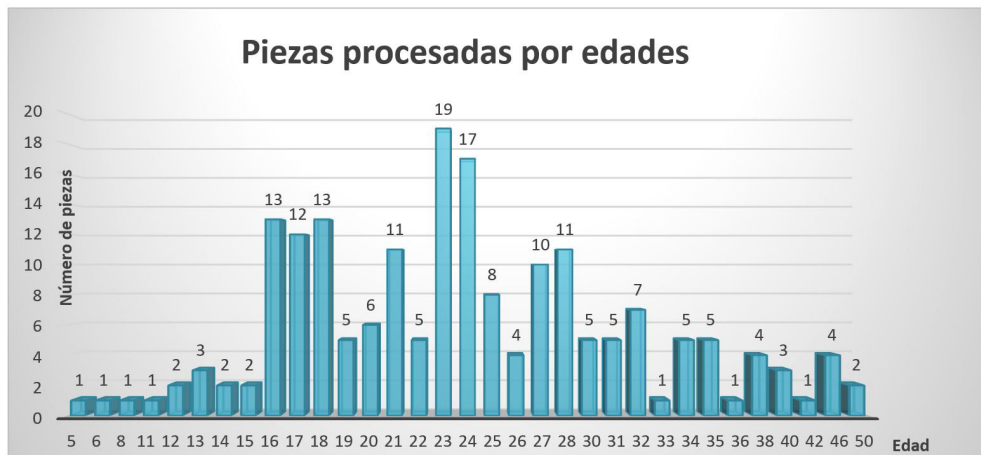
Figura 1. Fotografías representativas del cultivo primario de células de pulpa dental. A) Células en crecimiento con ampliación 10X. B) Células en cultivo primario con ampliación de 40X.



Las colonias celulares en cultivo presentan una morfología fibroblastoide típica de las células troncales y de las hDPSCs, y son evidentemente adherentes al plástico en cultivo. Estas se empezaron a cultivar una vez estandarizado el método con las primeras piezas pertenecientes a 30 pacientes, por lo tanto, a partir de la muestra 31 se comenzó a tener cultivos en forma estandarizada, y se decidió llevar a cabo la metodología dos, es decir, cortar el órgano dentario separando la corona de la raíz, ya que se observó que al acceder a la cámara pulpar se generaba una menor cantidad de residuos de hueso y dentina que al perforar la pieza. Otra ventaja por la que se decidió la segunda metodología

fue debido a que se tenía un mejor acceso al tejido pulpar, pues se logró un diámetro de abertura mayor de las piezas. Posteriormente, se conformó una reserva de células que corresponde al cultivo de 30 pacientes, siendo equivalente a 59 cultivos, en donde las edades de 16, 18, 19, 23 y 25 años son las que presentaron mayor porcentaje de crecimiento (Figura 2).

Figura 2. Número de piezas procesadas de acuerdo a las edades de los individuos donantes. La tasa de proliferación celular más alta corresponde a individuos de entre 16 a 25 años.



### 3.2 EXPRESIÓN DE RECEPTORES ESPECÍFICOS DE CÉLULAS TRONCALES

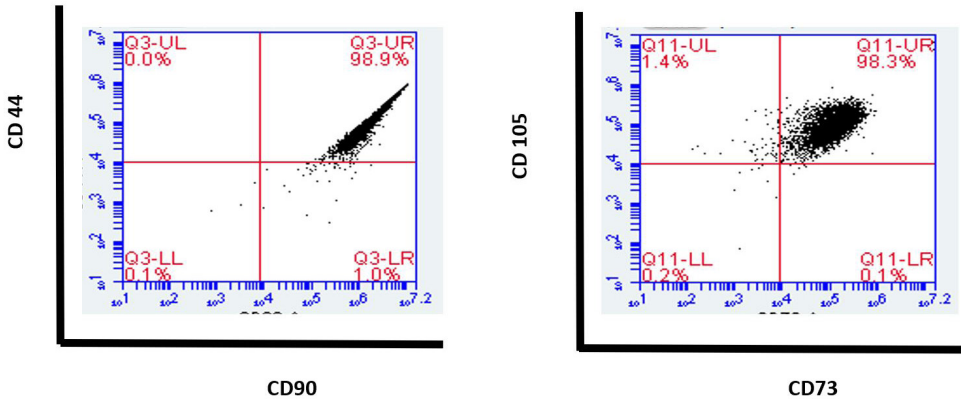
Se observó que las células de pulpa dental expresan los marcadores CD73, CD90, CD44 y CD105 en proporciones adecuadas de acuerdo con la ISCT, esto es, en un porcentaje de la población mayor al 95%. Por otra parte, no se observaron marcadores de tipo hematopoyéticos (CD34, CD45, CD56, CD14 y HLA), los cuales no deben presentarse en más del 2% de la población celular. En la tabla 1 se resumen los porcentajes de expresión de los marcadores de membrana característicos de células troncales mesenquimales encontrados; se muestran los resultados de tres muestras representativas de los cultivos primarios de células aisladas de pulpa dental (n=30).

Tabla 1. Expresión de marcadores de membrana en las células aisladas de la pulpa dental.

Muestra	Expresión de marcadores de membrana (% de expresión)				
	CD44	CD73	CD90	CD105	Marcadores hematopoyéticos
1	98	98.4	92.7	99.4	0.6
2	99.2	96.0	80.9	96.4	0.4
3	99.7	93.6	94.4	97.1	0.1

En la figura 3 se muestran los resultados del análisis por citometría de flujo, donde se muestran las dobles tinciones para los marcadores CD90 vs CD44 y CD73 vs CD105.

Figura 3. **Dot plot.** Expresión de receptores específicos de células troncales mesenquimales (muestra representativa). La población celular que se agrupa en los cuadrantes superior derecho de cada gráfico muestra la población positiva para los marcadores analizados, puesto que se muestran las dobles tinciones, evidenciando positividad por arriba del 95% para los cuatro marcadores.



Los diagramas de puntos muestran los porcentajes de la población que expresan marcadores específicos de células troncales. Las células positivas se ubican en el cuadrante superior derecho, tal como se observa en estas muestras representativas. El análisis para marcadores de tipo hematopoyético se muestra en la figura 4.5. Debido a que la población celular de estas muestras no expresa este tipo de marcadores, la población celular se concentra en el cuadrante inferior izquierdo.

Figura 4. Expresión de marcadores de tipo hematopoyético. Se muestra el análisis de la población celular en gráficos de puntos, donde se observan los cuatro canales de fluorescencia con los que se trabajaron respecto a la longitud de excitación de los fluorocromos acoplados al conjunto de marcadores hematopoyéticos.

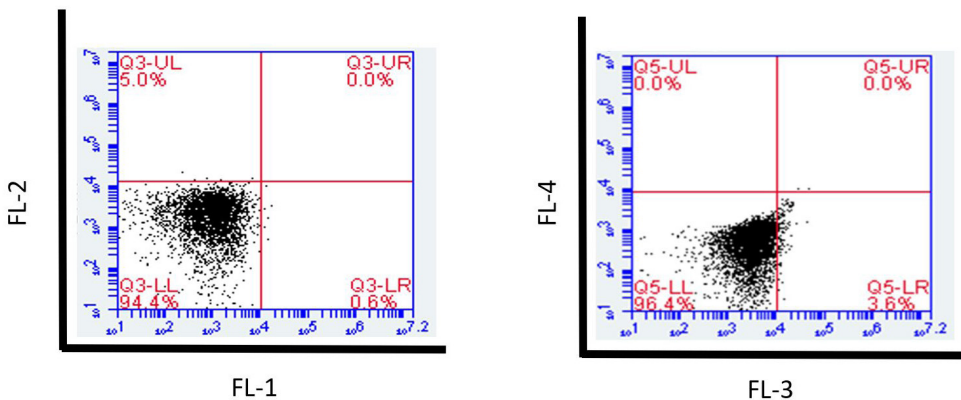
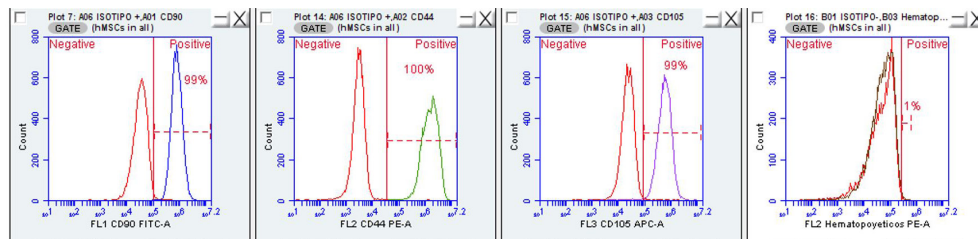


Figura 5. **Histogramas.** Expresión de receptores específicos de células troncales mesenquimales (muestra representativa). La población celular evidencia positividad por arriba del 95% para los marcadores.



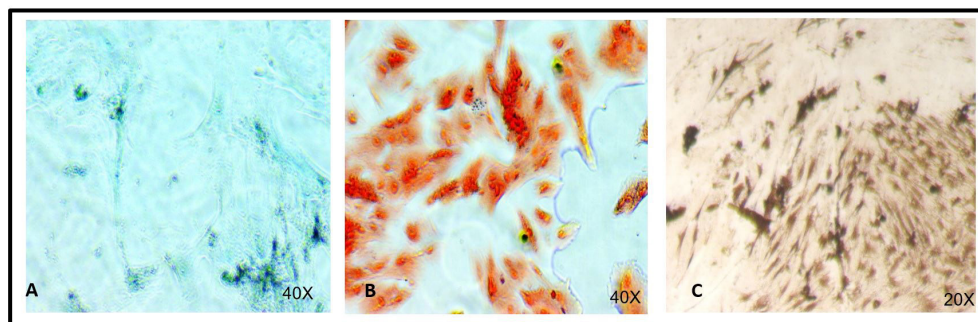
Las células aisladas no expresan marcadores de tipo hematopoyético, lo cual es una característica propia de las DPSC. Este grupo de marcadores corresponden a CD34 (marcador de célula endotelial), CD45 (leucocitario), CD14 y CD11 (marcadores de macrófagos y monocitos), CD79 y CD19 (marcadores de células B) y HLA-DL.

### 3.3 POTENCIAL DE DIFERENCIACIÓN MULTI-LINAJE

Las células aisladas de pulpa dental se sometieron a procesos de multidiferenciación, para corroborar su multipotencialidad, debiendo contar con la capacidad de diferenciarse hacia células de distintos linajes. Además, se realizaron tinciones como lo marca la Sociedad Internacional de Terapia Celular y Génica para el aislamiento e identificación de células troncales.

La tinción con azul alciano evidencia fibras de colágena en la matriz extracelular, lo cual es muestra de la formación de condroblastos. Por otra parte, la tinción con rojo oleoso evidencia lípidos intracelulares aglomerados en vacuolas en el espacio citoplasmático, lo cual es característico de los adipocitos. Finalmente, la tinción de Von Kossá evidencia depósitos de calcio intracelulares aglomerados en el espacio citoplasmático, lo cual es una característica específica de los osteoblastos. En la figura 6 se muestran fotografías representativas de dichos procesos.

Figura 6. Tinciones de los distintos linajes celulares obtenidos a partir de DPSCs. A) Células condroblásticas teñidas con azul alciano. B) Células adipocíticas teñidas con rojo oleoso. C) Células osteoblásticas con tinción de Von Kossá.





Se observan en la imagen A, condroblastos obtenidos, las fibras de colágena características de este linaje, las cuales se tiñen de color azul celeste tal como se observa en la fotografía. En la imagen B, se percibe un conjunto de adipocitos obtenidos también a partir de DPSC, mostrándose en color rojo las vacuolas lipídicas en el espacio citoplasmático, las cuales son características de este linaje. Se observa en la imagen C, los osteoblastos obtenidos, la tinción de Von Kossá, apreciándose en color negro los depósitos de calcio que se encuentran en este tipo de células.

La capacidad de las células aisladas para formar estos tres linajes celulares muestra que tienen el potencial para formar células distintas provenientes de las diferentes capas germinales en el desarrollo.

## 4 CONCLUSIONES

El estudio de las DPSC abre camino en la investigación en áreas como bioingeniería de tejidos y terapia celular en enfermedades crónico-degenerativas. El crecimiento en estas áreas médico-biotecnológicas podría poner al alcance de los pacientes una cura efectiva y presentar avances significativos en la calidad de vida de las personas. Es necesario desarrollar nuevas tecnologías que permitan avanzar en nuevas terapias, con el fin de proporcionar alternativas de tratamientos actuales que otorguen opciones funcionales de tratamientos.

En este estudio se observó que las muestras de la población entre los 16 a los 25 años, presentan índices mayores de proliferación celular en cultivo que el resto de las edades. Se ha sugerido que la tasa de renovación de estas células aumenta en este periodo de vida, en el cual, comienzan a emerger los terceros molares o tradicionalmente llamados “muelas del juicio”, las cuales son extraídas ya sea por recomendación médica o por razones estéticas. Por tal motivo, pueden ser una fuente de células troncales mesenquimales aprovechable y de obtención no invasiva.

El potencial de las DPSC para diferenciarse hacia distintos linajes demuestra que estas pueden formar diversos tipos celulares bajo estímulos específicos de factores de transcripción y moléculas. Se ha reportado que a partir de las DPSC se ha logrado reparar tejido nervioso y retina (Leadbeater et al., 2016), obtener por diferenciación cardiomiocitos y la regeneración dentaria debido a su gran potencial osteogénico (Guo et al., 2022), además, se han podido obtener células endocrinas pancreáticas (Jiang et al., 2007), por lo que son candidatas en perspectivas de aplicación en terapia celular y medicina regenerativa en enfermedades crónico-degenerativas (como la diabetes mellitus), reparación de cartílago, terapia en enfermedad de Alzheimer al obtener células de tipo neuronal, entre otras (Chen et al., 2016).

Las técnicas de cultivo y aislamiento de DPSCs deben ser estudiadas con la finalidad de ofrecer la obtención de una cantidad eficiente de células indiferenciadas a partir de la pulpa dental, utilizando medios de mantenimiento que disminuyan costos y que permitan mantener el fenotipo de las células, tal es su estado indiferenciado. Por otra parte, las técnicas de cultivo para acceder a la cámara pulpar deben garantizar seguridad e higiene, puesto que existe una gran cantidad de microorganismos bucales que son potencialmente un riesgo de contaminación en los cultivos celulares.

Por otro lado, es necesario contar con técnicas que permitan conocer el fenotipo de las células que se cultivan. En este trabajo, a través de técnicas de citometría de flujo, se caracterizaron las células obtenidas en cultivo mediante el análisis de marcadores de membrana tal como lo sugiere la ISCT, ya que deben contar con características específicas que permitan conocer su identidad, puesto que existen poblaciones celulares en la pulpa dental que morfológicamente suelen confundirse con las células mesenquimales indiferenciadas, tal como fibroblastos, células progenitoras neuronales, entre otras.

En nuestro país es necesario el desarrollo de investigación en áreas como la terapia celular, para ofrecer en un futuro nuevas terapias aplicadas a padecimientos crónicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aljamie, M., Alessa, L., Noah, R., & Elsayed, L. (2016). Dental Pulp Stem Cells, a New Era in Regenerative Medicine: A Literature Review. *Open Journal of Stomatology*, 06(06), 155–163. <https://doi.org/10.4236/ojst.2016.66020>

Bourin, P., Bunnell, B. A., Casteilla, L., Dominici, M., Katz, A. J., March, K. L., Redl, H., Rubin, J. P., Yoshimura, K., & Gimble, J. M. (2013). Stromal cells from the adipose tissue-derived stromal vascular fraction and culture expanded adipose tissue-derived stromal/stem cells: A joint statement of the International Federation for Adipose Therapeutics and Science (IFATS) and the International Society for Cellular Therapy (ISCT). *Cytotherapy*, 15(6), 641–648. <https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2013.02.006>

Chen, Y. Y., He, S. T., Yan, F. H., Zhou, P. F., Luo, K., Zhang, Y. D., Xiao, Y., & Lin, M. K. (2016). Dental pulp stem cells express tendon markers under mechanical loading and are a potential cell source for tissue engineering of tendon-like tissue. *International Journal of Oral Science*, 8(4), 213–222. <https://doi.org/10.1038/ijos.2016.33>

Fageeh, H. N. (2021). Preliminary evaluation of proliferation, wound healing properties, osteogenic and chondrogenic potential of dental pulp stem cells obtained from healthy and periodontitis affected teeth. *Cells*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/cells10082118>

Gioventù, S., & Andriolo, G. (2012). A novel method for banking dental pulp stem cells. July 2014. <https://doi.org/10.1016/j.transci.2012.06.005>

Gong, P., Tian, Q., He, Y., He, P., Wang, J., Guo, Y., Ye, Q., & Li, M. (2022). Dental pulp stem cell transplantation facilitates neuronal neuroprotection following cerebral ischemic stroke. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113234>

Guo, L., Zou, Z., Smeets, R., Kluwe, L., Hartjen, P., Gosau, M., & Henningsen, A. (2022). Attachment and Osteogenic Potential of Dental Pulp Stem Cells on Non-Thermal Plasma and UV Light Treated Titanium, Zirconia and Modified PEEK Surfaces. *Materials*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/ma15062225>

Jiang, J., Au, M., Lu, K., Eshpeter, A., Korbitt, G., Fisk, G., & Majumdar, A. S. (2007). Generation of Insulin-Producing Islet-Like Clusters from Human Embryonic Stem Cells. *Stem Cells*, 25(8), 1940–1953. <https://doi.org/10.1634/stemcells.2006-0761>

Leadbeater, W., Mead, B., Scheven, B. A., Berry, M., & Logan, A. (2016). Dental Pulp Stem Cells: A Novel Cell Therapy for Retinal and Central Nervous System Repair. *Stem Cells*, 35(1), 61–67. <http://doi.wiley.com/10.1002/stem.2398>  
<http://Files/8e/8e150b24-e205-4bcd-a93c-21bd0cdf39b.pdf>

Masthan, K. M. K., Leena Sankari, S., Aravindha Babu, N., & Gopalakrishnan, T. (2013). Mystery inside the tooth: The dental pulp stem cells. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7(5), 945–947. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/5379.2984>

Mohammad El-Sayed Hassouna, Y., Atia Ali El-Bedwehi, A., Atwa Mohamed, A., Abo-Elkhair Mostafa, W., & Abdel-Akher Mohamad Omar, M. (2018). STEM CELLS IN ORTHODONTICS: A REVIEW. In *Journal of Dental Science* (Vol. 21, Issue 5).

Wang, W., Yan, M., Aarabi, G., Peters, U., Freytag, M., Gosau, M., Smeets, R., & Beikler, T. (2022). Cultivation of Cryopreserved Human Dental Pulp Stem Cells – A New Approach to Maintaining Dental Pulp Tissue. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19). <https://doi.org/10.3390/ijms231911485>

Wright, A., Arthaud-Day, M. L., & Weiss, M. L. (2021). Therapeutic Use of Mesenchymal Stromal Cells: The Need for Inclusive Characterization Guidelines to Accommodate All Tissue Sources and Species. In *Frontiers in Cell and Developmental Biology* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.632717>

Yasui, T., Mabuchi, Y., Morikawa, S., Onizawa, K., Akazawa, C., & Nakagawa, T. (2017). Isolation of dental pulp stem cells with high osteogenic potential. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41232-017-0039-4>

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Manuel Simões** é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acacia 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104  
Agricultural soil 122, 123, 124, 128, 130  
Aguas residuales 105, 106, 107, 108, 109, 110, 117, 118  
Alder 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102  
Apomixis 26, 27, 28

### C

Camarón blanco 75, 76  
Candidatus Liberibacter spp 63, 64  
Carya illinoensis koch 40, 41  
Células madre 1, 2, 3, 4  
Cítricos 26, 27, 28, 29, 31, 34, 37, 39, 63, 64, 66, 67, 68  
Contaminantes emergentes 105, 106, 107, 108, 109, 110, 117  
Cultivo intensivo bioseguro 76  
Cultivos subutilizados 82

### D

dinámica de crecimiento 41, 42, 43  
dragón amarillo 29, 63

### E

Ecosystem functioning 93, 103  
Estrés 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 27

### F

Fitorremediación 106, 109, 110, 117  
Foto-heterotrófico 75, 76  
Frecuencia y formas de consumo 82

### G

Germinación 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62  
Gibberellic acid 46, 122, 123, 125, 128, 129, 130, 131  
Grano sano 69

### H

HPLC 123, 125

Hsp70 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24

Huanglongbing 26, 29, 63, 64, 67, 68

## L

Leaf litter 93, 95, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Leucocitos 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23

## M

Macroinvertebrates 93, 97, 100, 101, 102

Marcadores moleculares 26, 27, 28, 29, 36, 39

Micropropagación 46, 47, 51

Microsatélites 27

## N

Nogal pecanero 40, 41, 42, 44

## O

Orquídeas 45, 46, 47, 48, 51, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

## P

Producción agrícola 26, 41, 68, 74

Productos farmacéuticos 105, 106, 107, 110, 118

Pulpa dental 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12

## R

Radiación ultravioleta 14, 15, 17, 23, 24

Regeneración 2, 11

Reguladores de crecimiento 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 59, 60

## S

Silicio 69, 70

Sitophilus zeamais 69, 70, 74

Sondeo rápido 82, 84

Superficie de respuesta 106, 112, 113, 118

## V

Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) 105, 106, 107, 109, 110, 111, 117