

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2021

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2021

2021 by Editora Artemis  
Copyright © Editora Artemis  
Copyright do Texto © 2021 Os autores  
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



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*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
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*  
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*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*  
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*  
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*  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*  
Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.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. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro  
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.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA  
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  
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. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia  
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  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba  
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras  
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia  
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> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

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

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-50-7

DOI 10.37572/EdArt\_211221507

1. Biociência. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina. 4. Bioética.  
I. Simões, Manuel.

CDD 574

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

## PREFÁCIO

A biotecnologia baseia-se em conhecimentos multidisciplinares fortemente associados às ciências naturais e exatas, e às ciências aplicadas. As ciências biológicas e o seu enquadramento na biotecnologia têm aplicações em grandes áreas de importância socioeconómica, principalmente na medicina humana e animal, ambiente, agronomia e na indústria. Os processos biotecnológicos são caracterizados por usarem células procariotas ou eucariotas, partes das mesmas ou análogos moleculares - com o objetivo de se obterem produtos e serviços. Avanços significativos na biotecnologia surgiram das sinergias estabelecidas entre engenheiros, cientistas e reguladores para transformar descobertas científicas em novos processos e produtos, com impacto socioeconómico. A elevada dinâmica académica e industrial no desenvolvimento de conhecimento em ciências biológicas e biotecnologia é revelador da sua importância. Contudo, a necessidade de atualização dos avanços científicos, em conjugação com a transformação desse novo conhecimento em conteúdo curricular técnico-científico relevante são desafios para um eficaz processo formativo de recursos humanos altamente qualificados. O enquadramento ético e regulamentar de novos processos e produtos é igualmente desafiante.

Este livro foi dividido em quatro partes: a primeira parte reúne capítulos (1 a 6) relacionados com as biociências e a biotecnologia na área biomédica. A segunda parte concentra capítulos (7 a 11) na área do ambiente. A terceira parte é composta pelos capítulos 12 a 14 que se enquadram em aspetos da bioprospeção. A quarta parte contém os capítulos 15 e 16 que abordam aspetos do ensino/aprendizagem em biotecnologia e da bioética, respetivamente. Neste contexto, pretende com este livro contribuir para que estudantes e professores do ensino superior, ligados às biociências e à biotecnologia, quer a nível de graduação quer de pós-graduação, possam ter uma perspetiva de avanços na área. Este livro pode ser também útil a profissionais ligados a setores nos quais as biociências e a biotecnologia têm um papel de relevo, bem como para professores do ensino pré-académico.

**Manuel Simões**



## SUMÁRIO

### BIOMEDICINA

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

A DESCOBERTA DA INSULINA CELEBRA 100 ANOS

Maria Teresa Rangel-Figueiredo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215071](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215071)

#### **CAPÍTULO 2..... 16**

COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SUSPENSIONES DE NANOTUBOS DE CARBONO CON APLICACIONES BIOMÉDICAS

Arisbel Cerpa-Naranjo

Begoña Ibañez Martínez

Isabel Lado Touriño

Mariana P. Arce

Javier Pérez Piñeiro

Niurka Barrios Bermúdez

María Luisa Rojas Cervantes

Rodrigo Moreno Botella

Sebastián Cerdán García-Esteller

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215072](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215072)

#### **CAPÍTULO 3.....28**

PREMOLARES HUMANOS: ESTUDIO DE FOSITAS INYECTADAS CON COLORANTE Y SU RELACION CON ESTRUCTURAS DENTINALES

Marcela Zaffaroni

Santiago Cueto

Alicia Kohli

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215073](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215073)

#### **CAPÍTULO 4..... 40**

EFFECT OF *Zinnia peruviana* ROOT EXTRACT ON THE PRODUCTION OF MICROBIAL BIOFILMS

Ana Mariel Mohamed

Diego Alberto Cifuentes

Sara Elena Satorres

Claudia Maricel Mattana

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215074](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215074)

**CAPÍTULO 5..... 50**

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TERAPÉUTICO DE TETRATIOMOLIBDATO DE AMONIO EN LA ENDOMETRIOSIS EXPERIMENTAL

Rocío Ayelem Conforti

María Belén Delsouc

Marilina Casais

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215075](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215075)

**CAPÍTULO 6..... 61**

LAS CARDIOPATÍAS, EL EJERCICIO Y SU INTERRELACIÓN AMBIENTAL: REVISION DE LITERATURA

Pedro Jorge Cortes Morales

Eduarda Eugenia Dias de Jesus

Fabrizio Faitarone Brasilino

Luis Fernando Rosa

Maria Caroline Marcomini Tezolin

Luana de Andrade Mazia

Gilmar Sidnei Erzinger

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215076](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215076)

**AMBIENTE**

**CAPÍTULO 7..... 74**

MICROFAUNA EM CÓRREGOS DE CABECEIRA DO CERRADO CENTRAL DO BRASIL

Claudia Padovesi-Fonseca

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215077](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215077)

**CAPÍTULO 8..... 85**

ESTUDO SOBRE A GERAÇÃO, O PROCESSO SELETIVO E O DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DO CAMPUS DE PORTO NACIONAL, UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS

Brenda Thais Kalife de Assunção

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215078](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215078)



**CAPÍTULO 9..... 95**

TRATAMIENTO BIOLÓGICO EM EFLUENTES DE ÁGUA PARA USINAGEM DE OLIVEIRA

Mariela Beatriz Maldonado

Emiliano Gabriel Fonarsin

Leonel Lisanti

Ariel Marquez

Walter Pirán

Noemi Graciela Maldonado

Pablo Enrique Martín

Daniela Adriana Barrera

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2112215079](https://doi.org/10.37572/EdArt_2112215079)

**CAPÍTULO 10..... 110**

PRODUCCIÓN DE ENMIENDAS ORGÁNICAS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU USO EN SUELOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

Jairo Vanegas Gordillo

Daniela Forero Gutiérrez

Paola Navarro Munoz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150710](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150710)

**CAPÍTULO 11..... 132**

USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS PRODUCIDAS POR TRATAMIENTO HIDROTHERMAL Y RADIACIÓN POR MICROONDAS DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA CAPTURA DE CARBONO Y AUMENTO DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS

Jairo Vanegas Gordillo

Laura Milena Bejarano

Paola Alexandra Aguilar Díaz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150711](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150711)

**BIOPROSPEÇÃO**

**CAPÍTULO 12..... 154**

DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE EXTRAPOLISACÁRIDO DE BACTERIAS PROVENIENTES DE RESIDUOS OLIVÍCOLAS

Fodda Assad Robledo

María Alejandra Soloaga

Patricia Alejandra Córdoba

María Celeste Rosso  
María de los Ángeles Spano Cruz  
Verónica Alejandra Galleguillo  
Gema Blanca Reynoso

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150712](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150712)

**CAPÍTULO 13.....163**

SESQUITERPENOIDES DE PLANTAS NATIVAS DEL NOROESTE ARGENTINO CON ACCION INSECTICIDA

Susana Beatriz Popich

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150713](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150713)

**CAPÍTULO 14.....177**

DORMANT RUPTURE AND HORMONES LEVELS IN *Jatropha curcas* L. AND *Jatropha macrocarpa* GRISEB SEED

Nancy Elisabeth Tavecchio  
Lihué Olmedo Sosa  
Ana Edit Vigliocco  
Oscar Terenti  
Erika Ayelen Escudero  
Hilda Pedranzani

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150714](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150714)

**ENSINO E ÉTICA EM BIOTECNOLOGIA**

**CAPÍTULO 15.....190**

DESAFIOS NO ENSINO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS BIOFILMES

Manuel Simões  
Lúcia Chaves Simões  
Conceição Fernandes  
Maria José Saavedra

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150715](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150715)

**CAPÍTULO 16.....199**

BIOÉTICA EN LA FORMACIÓN EN MEDICINA

Julia Susana Elbaba

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_21122150716](https://doi.org/10.37572/EdArt_21122150716)

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>206</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>207</b>

## CAPÍTULO 2

### COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE SUSPENSIONES DE NANOTUBOS DE CARBONO CON APLICACIONES BIOMÉDICAS

Data de submissão: 20/10/2021

Data de aceite: 05/11/2021

#### **Arisbel Cerpa-Naranjo**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0002-4767-880X

#### **Begoña Ibañez Martínez**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España

#### **Isabel Lado Touriño**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0003-2594-3040

#### **Mariana P. Arce**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0001-5563-0745

#### **Javier Pérez Piñeiro**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0002-4618-8219

#### **Niurka Barrios Bermúdez**

Universidad Europea de Madrid  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0003-4932-544X

#### **María Luisa Rojas Cervantes**

Facultad de Ciencias  
UNED - Madrid  
ORCID: 0000-0001-5528-9276

#### **Rodrigo Moreno Botella**

Instituto de Cerámica y Vidrio  
CSIC, Madrid - España  
ORCID: 0000-0002-4826-5193

#### **Sebastián Cerdán García-Esteller**

LIERM  
Instituto de Investigaciones Biomédicas  
"Alberto Sols", CSIC  
Madrid - España  
ORCID: 0000-0001-9965-0270

**RESUMEN:** Se estudió el comportamiento reológico de diferentes suspensiones de nanotubos de carbono en régimen diluido. Se estudiaron suspensiones de nanotubos de carbono de paredes múltiples comerciales sin funcionalización, nanotubos de carbono de paredes múltiples oxidados en nuestro laboratorio con ácido nítrico a reflujo durante 24 horas y nanotubos de carbono de paredes múltiples comerciales funcionalizados con grupos carboxílicos. El estudio se realizó en dos medios dispersantes: agua y suero fetal bovino (FBS). Los resultados se compararon con los obtenidos en trabajos previos realizados para suspensiones de nanotubos de carbono de pared simple (SWCNTs)

con el fin de comprender la influencia de la estructura de los nanotubos de carbono en las propiedades reológicas en presencia de un medio biológico. La caracterización estructural se realizó con diferentes técnicas: XRD, IR, TGA, TEM, SEM y AFM. Para la caracterización coloidal, se determinó el potencial zeta de las suspensiones a valores de pH comprendidos entre 4 y 9, siendo nuestro rango de interés entre pH = 6-8, cercanos al pH fisiológico. Las medidas reológicas se realizaron para diferentes concentraciones de las suspensiones (1, 1.5 y 3 mg/ mL), y temperatura de 25, 30 and 37 °C.

**PALABRAS CLAVES:** Reología. Nanotubos de carbono. Potencial zeta. Suero fetal bovino. Aplicaciones biomédicas.

## RHEOLOGICAL BEHAVIOUR OF CARBON NANOTUBES SUSPENSIONS WITH BIOMEDICAL APPLICATIONS

**ABSTRACT:** The rheological behaviour of different carbon nanotubes suspensions in the dilute regime was evaluated. Suspensions of commercial multi-walled carbon nanotubes without functionalization, multi-walled carbon nanotubes oxidized in our laboratory with nitric acid under reflux for 24 hours and commercial multi-walled carbon nanotubes functionalized with carboxylic groups were studied. The study was performed in two dispersing media: water and fetal bovine serum (FBS). The results were compared with those obtained in previous work carried out for suspensions of single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) to understand the influence of the structure of carbon nanotubes on the rheological properties when a biological medium is present. Structural characterization was performed with different techniques: XRD, IR, TGA, TEM, SEM and AFM. For the colloidal characterization, the zeta potential of the suspensions was determined at pH values between 4 and 9, our range of interest being between pH = 6-8, close to physiological pH. The measurements were done for different concentrations of suspensions (1, 1.5, 3 mg/mL) and temperature of 25, 30 and 37 °C.

**KEYWORDS:** Rheology. Carbon nanotubes. Zeta potential. Fetal bovine serum. Biomedical application.

### 1 INTRODUCCIÓN

En 1991 se produce el descubrimiento de una nueva forma alotrópica del carbono, los nanotubos de carbono (CNTs) que son estructuras nanométricas en forma tubular (Iijima, 1991). Se pueden clasificar en dos tipos en función del número de capas, los nanotubos de carbono de pared simple (SWCNTs) y los de pared múltiples (MWCNTs), los cuales están formados por varias capas concéntricas que se mantienen unidas gracias a las fuerzas de Van der Waals.

También, existe una manera de clasificarlos en función de cómo se forme el plegamiento de la lámina de grafeno. Los anillos hexagonales pueden tener un plano de simetría ortogonal o no respecto al eje del cilindro. Se pueden formar tres tipos diferentes: zigzag, quiral y armchair. Entre ellos tiene propiedades diferentes que vienen determinadas

por su diámetro y ángulo de quiralidad. Las propiedades mecánicas, elásticas, eléctricas, electrónicas, térmicas, magnéticas y químicas tan favorables que tienen los nanotubos de carbono, dependen de una serie de factores estructurales en función del tipo de nanotubo, ya sea por su número de capas o por su quiralidad.

Las excepcionales propiedades de los nanotubos de carbono mencionadas anteriormente, los hacen un material idóneo tanto para la creación de nuevos materiales y productos, como para la mejora de otros ya existentes.

El desarrollo de la nanotecnología en la última década ha brindado la posibilidad de emplear los materiales a escala molecular, atómica y subatómica, lo que ha generado una gran cantidad de aplicaciones en medioambiente, exploración espacial, tecnologías de la comunicación e informática, sector energético, textil, electrónica, biomédica, entre otras (Mejias et al., 2009; Piret et al., 2009; Cheng et al., 2011; Yusof et al., 2012).

Hoy en día existen una gran cantidad de productos que están siendo ensayados en el uso industrial, como es en la medicina y la biología, con aplicación en el diagnóstico, tratamiento, monitoreo y control de sistemas biológicos. Existen tres áreas principales en la nanomedicina donde se han conseguido importantes logros: el nanodiagnóstico, que consiste en el desarrollo de un sistema de análisis e imagen para la pronta detección de una enfermedad o funcionamiento erróneo de las células; la liberación controlada de fármacos transportando los medicamentos directamente a las células afectadas para que de esta manera el tratamiento sea más eficaz y con menos efectos secundarios; y, por último, la medicina regenerativa cuyo objetivo es el reemplazamiento o reparación de tejidos u órganos dañados (Mejias et al., 2009). Pocos son los trabajos publicados acerca del comportamiento reológico de nanoestructuras de carbono en suero fetal bovino.

El objetivo principal de este trabajo es estudiar el comportamiento reológico de diferentes suspensiones de nanotubos de carbono en régimen diluido. En este caso, se estudiaron suspensiones de nanotubos de carbono de pared múltiples no funcionalizados (MWCNTs Com), nanotubos de carbono de pared múltiples oxidados con ácido nítrico a reflujo durante 24 horas preparados en nuestro laboratorio (MWCNTs Oxi) y nanotubos de carbono de pared múltiples comerciales con grupos carboxílicos (MWCNTs Com-Oxi) en dos medios de dispersión: agua y suero fetal bovino (FBS). Además, los resultados se compararon con estudios anteriores para el caso de suspensiones de SWCNTs (Cerpa et al., 2019).

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Nanotubos de carbono comerciales de pared múltiple (Sigma-Aldrich), pureza del carbón: >95%, longitud: 5  $\mu\text{m}$  y diámetro: 6-9 nm. Nanotubos de carbono

comerciales funcionalizados con grupos carboxílicos (Sigma-Aldrich). Nanotubos de carbono comerciales de pared múltiple oxidados con ácido nítrico a reflujo durante 24 horas (Bourlinos et al., 2006). Agua ultrapura, destilada y desionizada obtenida mediante el sistema Milli-Q (Millipore). Y como medio biológico Suero Fetal Bovino, FBS (Gibco, Thermo Scientific).

La caracterización estructural de las muestras en polvo se realizó, utilizando diferentes técnicas: Difracción de Rayos X (XRD), Espectroscopia Infrarroja (IR), Análisis Termogravimétrico (TGA), Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM) y Microscopía de Fuerzas Atómicas (AFM). En este trabajo, solo se muestran los resultados obtenidos mediante, IR; TEM y AFM. Las medidas de IR se realizaron utilizando un espectrofotómetro FT-IR Vector 22 (Bruker) equipado con analizador ATR de germanio en el rango de número de onda de 3500–700  $\text{cm}^{-1}$ . El análisis de las muestras por TEM fueron realizadas con un microscopio modelo JOEL JEM 2100. Para ello, se añade una gota de la dispersión acuosa preparada con una concentración de 0.005 mg/mL de sólidos sobre una rejilla de cobre y se deja secar durante un tiempo, antes de la observación. En el caso del análisis mediante SEM, se utilizó un microscopio JOEL JSM 6335F. La muestra en polvo se deposita en un porta de aluminio que previamente se le ha adherido un cinta de carbono. Posteriormente, se realizó un revestimiento de oro para la mejor visualización de la muestra.

Las imágenes mediante microscopía de fuerzas atómicas se obtuvieron con un AFM comercial (Nanotech Electronica, Cervantes Full Mode AFM System), en modo tapping. Los MWCNTs se dispersaron en agua y FBS mediante agitación ultrasónica (baño de ultrasonidos, 15 min) a una concentración de aproximadamente 0.0005 mg/mL. Posteriormente, se depositaron dos microlitros de dispersión sobre un sustrato de mica y se dejaron secar al aire para su posterior observación.

Para estudiar el comportamiento coloidal, se determinó el potencial zeta de las suspensiones a  $25.0 \pm 0.1$  °C y valores de pH entre 4 y 9. El potencial zeta (ZP) fue medido con un equipo Zetasizer Nano ZS de Malvern (Reino Unido).

La caracterización reológica fue realizada en un reómetro rotacional (RheoStress 6000, Thermo Hakee, Alemania) mediante un sistema de doble cono y plato, de 60 mm de diámetro y ángulo de cono 20°. El software empleado para registrar los datos es el Rheowin Job y para el tratamiento y análisis de los mismos se utilizó el Rheowin Data. Durante las mediciones, el ciclo de velocidad controlada (CR) consta de varias etapas, primero un aumento del gradiente de velocidad de 0 a 1000  $\text{s}^{-1}$  en 300 s, posteriormente un periodo de velocidad constante a 1000  $\text{s}^{-1}$  durante 60 s y, por último, una disminución de velocidad desde 1000  $\text{s}^{-1}$  a 0  $\text{s}^{-1}$  en 300 s.



Las medidas reológicas se han realizado en suspensiones preparadas a diferentes concentraciones (1, 1.5 y 3 mg/mL) y con los tres tipos de nanotubos de pared múltiples (MWCNTs) que han sido seleccionados para su estudio, a temperaturas de 25, 30 y 37 °C, utilizando agua y FBS como medio de dispersión. Antes de realizar la medida reológica, las muestras se han sometido a 5 min de ultrasonidos (US) en un sonicador de punta Sonicador (SONOPLUS HD 2070 BANDELIN) a una potencia del 50% para conseguir una mejor dispersión de los nanotubos de carbono. Para cada muestra se realizan 3 réplicas.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL

En trabajos previos realizados por los autores (Negri et al., 2010, Cerpa et al., 2013, Cerpa et al., 2019) se pueden encontrar más detalles de la caracterización estructural de los diferentes nanotubos SWCNTs utilizados en la comparativa realizada con los MWCNTs estudiados en este trabajo.

Los espectros de IR mostrados en la Figura 1 confirmaron la presencia de grupos carboxílicos con la banda de estiramiento del grupo (C=O) a  $1700\text{ cm}^{-1}$ , la vibración de estiramiento (C–O) del grupo carboxílico alrededor de  $1200\text{ cm}^{-1}$  y la banda de estiramiento O–H a  $3400\text{ cm}^{-1}$ . El pico alrededor de  $1570\text{ cm}^{-1}$  se asignó al estiramiento C=C del esqueleto de carbono. Las imágenes TEM muestran la estructura tubular de los nanotubos de carbono que tienden a mostrarse en forma de manojos agrupados. Los MWCNTs Com tienen longitudes de 1 a 5  $\mu\text{m}$ , mientras que los MWCNTs Oxi y MWCNTs Com-Oxi presentan una distribución de longitudes entre 100-400 nm y 400 nm-1.5  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

La Figura 2, muestra la alta tendencia a la agregación de los nanotubos de carbono con la proteína de albúmina de suero bovino (BSA) presente en el suero fetal bovino, cuya proteína es la predominante. Este comportamiento también se observó mediante el modelado de simulaciones utilizando cálculos de dinámica molecular (Cerpa et al., 2019).

Figura 1. Caracterización fisicoquímica de MWCNTs Com, MWCNTs Com-Oxi y MWCNTs Oxi. (a) Microscopia Electrónica de Transmisión (TEM), (b) Espectros infrarrojos (IR).

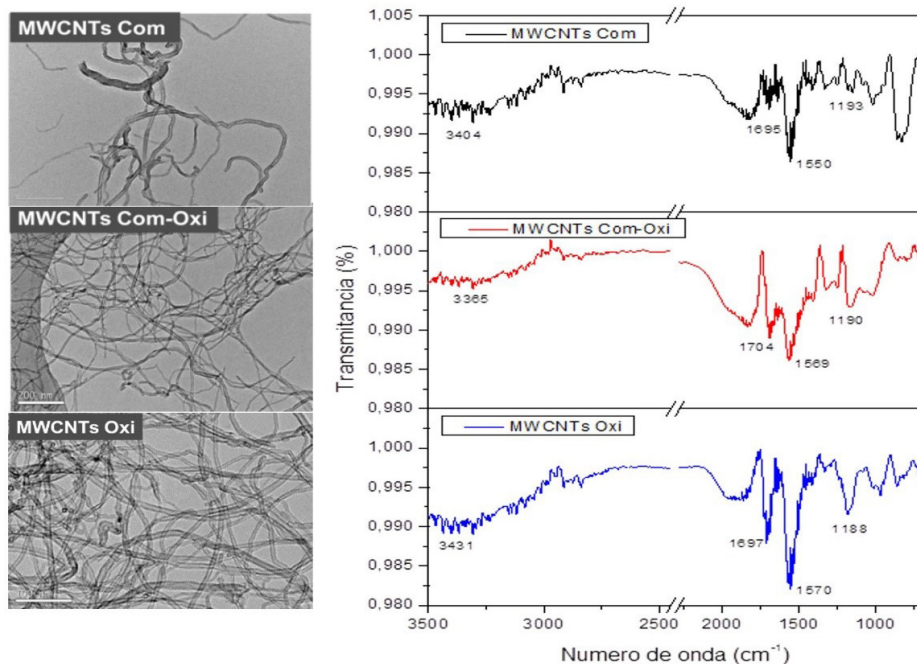
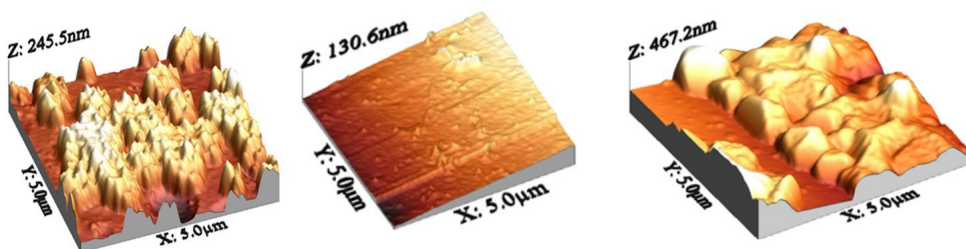


Figura 2. AFM, Representación tridimensional (3D) de (a) suero fetal bovino (FBS), (b) MWCNTs Com-Oxi y (c) SWCNT oxidados durante 24 horas en suspensiones FBS.

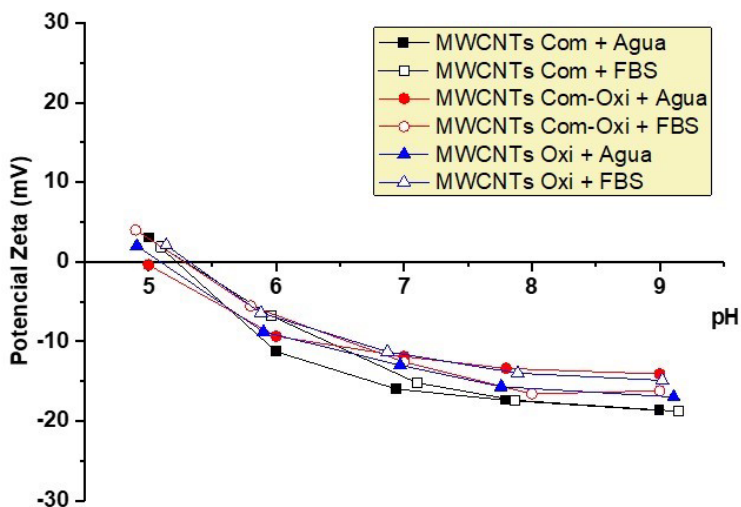


### 3.2 ESTABILIDAD COLOIDAL

En la Figura 3, se muestran los valores potencial zeta de los diferentes nanotubos tipo MWCNTs medidos en dos medios de dispersión: agua y FBS. Las suspensiones en agua son ligeramente más estables que en FBS y tienen un ZP mayoritariamente con valores negativo y comprendido entre -10 y -18 mV, mientras que en el medio FBS su potencial zeta varían de -6 a -18 mV a pH = 6-8, que es el rango de pH de más interés en aplicaciones biomédicas. Sin embargo, el ZP del FBS sin presencia de nanotubos de

carbono fue también determinado, obteniéndose un valor medio de potencial zeta de alrededor de -20 mV y un valor de PIE = 5.8. Este mismo comportamiento se observó para los SWCNTs (Cerpa et al., 2019).

Figura 3. Potencial zeta vs pH para diferentes suspensiones de nanotubos de carbono (MWCNTs) en agua y FBS a T = 25 °C.



A continuación, en la Tabla 1 se muestra los valores de potencial zeta (ZP) y punto isoeléctrico (PIE) obtenidos para las suspensiones de los diferentes MWCNTs estudiados a temperatura de 25 °C. Podemos apreciar que los valores de PIE se encuentran alrededor de pH = 5. Además, se compara con los valores de ZP obtenidos por Cerpa et al. (2019) en nanotubos SWCNTs.

Tabla 1. Comparativa del potencial zeta (PZ) a pH = 7 y el valor de pH del PIE para diferentes suspensiones de nanotubos de carbono en agua y FBS a T = 25 °C.

Tipos de nanotubos	AGUA		FBS	
	PZ (mV)	PIE	PZ (mV)	PIE
MWCNTs Com	-17	5.09	-15.2	5.32
MWCNTs Com-Oxi	-12	4,96	-12.3	5.27
MWCNTs Oxi	-13	5.21	-11.3	5.28
SWCNTs Com	-30	-	-18	-
SWCNTs Oxi	-70	-	-21	-

### 3.3 COMPORTAMIENTO REOLÓGICO

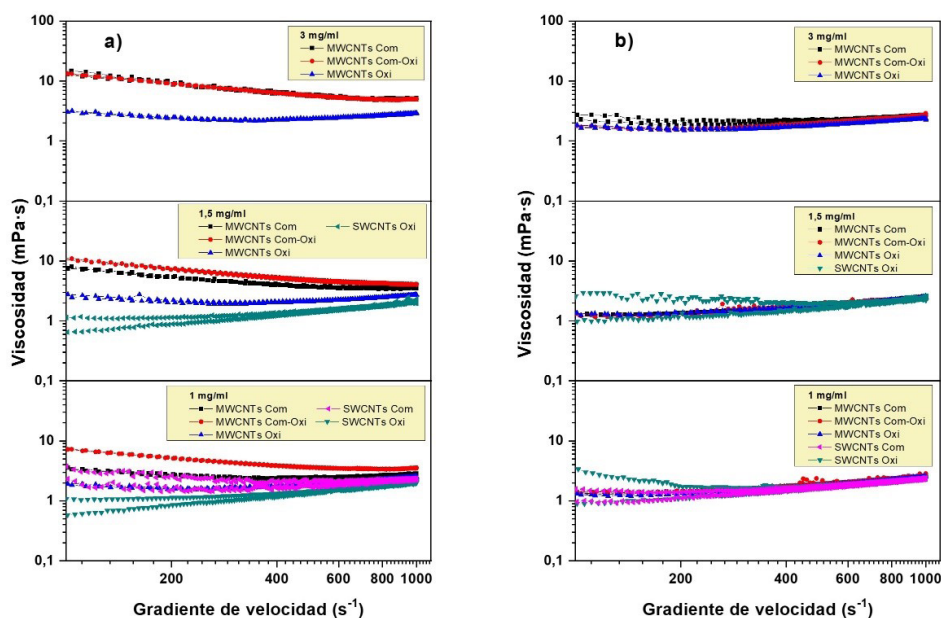
#### 3.3.1 Efecto del tipo y concentración de CNTs

En la Figura 4, se muestra la viscosidad en función del gradiente de velocidad para las diferentes suspensiones de MWCNTs estudiadas a diferentes concentraciones y temperatura de 37 °C en agua y FBS. Además, se compara con los resultados obtenidos para las suspensiones de SWCNTs en los mismos medios de dispersión (Cerpa et al., 2019). Las suspensiones preparadas en ambos medios de dispersión muestran un comportamiento de un fluido newtoniano.

Se aprecia que el cambio de concentración en la suspensión preparada con FBS no provoca cambios significativos en los valores de viscosidad, mientras que, en las suspensiones acuosas la viscosidad aumenta al aumentar la concentración. Los valores de viscosidad de las suspensiones de MWCNTs son mayores que los de las suspensiones de SWCNTs cuando el medio de dispersión es agua. Los valores de viscosidad de las suspensiones de MWCNTs se encuentran entre 2 y 6 mPa·s y para el caso de las suspensiones de SWCNTs son inferiores a 3 mPa·s.

Se confirma que en el medio acuoso la concentración es un parámetro influyente en el valor de viscosidad, mientras que en el FBS no se aprecia variación considerable en la curva de viscosidad respecto a la concentración.

Figura 4. Viscosidad vs gradiente de velocidad para diferentes suspensiones de nanotubos de carbono y distintas concentraciones a temperatura de 37 °C. a) Agua y b) FBS.



En la Tabla 2, se muestra una comparativa de la viscosidad para los MWCNTs y SWCNTs a 37 °C en agua y FBS y para gradientes de velocidad de 500 s<sup>-1</sup> y 1000 s<sup>-1</sup>. Se puede apreciar que los cambios de viscosidad son poco significativos, los valores obtenidos se diferencian poco, como consecuencia del comportamiento de un fluido newtoniano. Se observa un aumento de la viscosidad con la concentración de la suspensión, así como la variación de esta con el tipo de nanotubo de carbono utilizado, obteniendo valores mayores cuando se utilizan los nanotubos de pared múltiple (MWCNTs).

Tabla 2. Comparativa de la viscosidad para los distintos nanotubos de carbono (MWCNTs y SWCNTs) en agua y FBS a 37 °C.

Tipos de nanotubos	Gradiente de velocidad (s <sup>-1</sup> )	Viscosidad en mPa·s (37 °C)					
		AGUA			FBS		
		Concentración en mg/mL					
		1	1.5	3	1	1.5	3
MWCNTs Com	500	2.448	3.658	5.624	1.923	1.851	2.315
	1000	2.835	3.527	5.004	2.605	2.538	2.754
MWCNTs Com-Oxi	500	3.562	4.652	5.645	1.841	1.870	2.038
	1000	3.519	4.052	5.002	2.530	2.511	2.698
MWCNTs Oxi	500	1.912	2.198	2.384	1.820	1.818	1.885
	1000	2.529	2.718	2.886	2.523	2.512	2.392
SWCNTs Com	500	2.117	-	-	1.740	-	-
	1000	2.257	-	-	2.358	-	-
SWCNTs Oxi	500	1.457	1.472	-	1.853	2.018	-
	1000	2.084	2.029	-	2.376	2.474	-

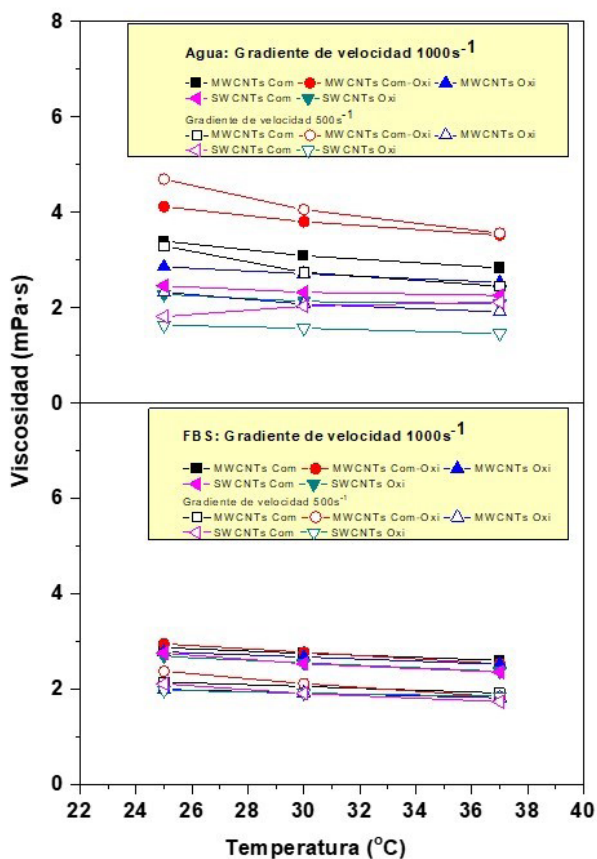
### 3.3.2 Efecto de la temperatura y el medio de dispersión

En la Figura 5, se ha representado de manera esquemática los valores que de viscosidad en función de la temperatura a una concentración de 1 mg/ mL para los dos medios de dispersión estudiados (agua y FBS).

Como se puede observar la viscosidad disminuye con la temperatura, tal como es esperado. Por otro lado, se aprecia que el medio de dispersión es un factor que influye en la estabilidad y comportamiento reológico de las suspensiones. Para los distintos tipos de nanotubos MWCNTs dispersados en agua, se aprecia que los MWCNTs Com-Oxi son los que tienen valores de viscosidad más altos (4-5 mPa·s) a una temperatura de 25 °C y, por lo tanto, se trata de suspensiones menos estables o con valores de potencial zeta

más bajos (-12 mV). Además, se puede observar que el rango de viscosidad es más amplio para los diferentes MWCNTs estudiados (2 y 6 mPa·s) comparados con los resultados obtenidos para SWCNTs (Cerpa et al., 2019) cuyos valores de viscosidad son más bajos (<3 mPa·s), cuando el gradiente de velocidad es 1000 s<sup>-1</sup>. En cambio, cuando el medio de dispersión es FBS, el rango de viscosidad de los nanotubos MWCNTs es más estrecho, comprendidos entre (1.8 – 2.8 mPa·s). Lo mismo sucede al comparar con los valores obtenidos para los SWCNTs (Cerpa et al., 2019).

Figura 5. Viscosidad vs Temperatura para diferentes suspensiones de nanotubos de carbono a una concentración de 1 mg/mL en agua y FBS.



#### 4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por Atomic Force Microscope muestran una alta tendencia a la agregación entre los nanotubos de carbono y la proteína de albúmina de suero bovino (BSA) presente en el suero fetal bovino.

La estabilidad coloidal de los nanotubos de carbono cambia con el tipo y tamaño, así como, con el medio de dispersión.

Las suspensiones preparadas en agua y FBS muestran un comportamiento de flujo newtoniano. Dependiendo del medio de dispersión y tipo de nanotubos de carbono utilizado, la viscosidad cambia. Los valores de viscosidad de las suspensiones de MWCNTs son mayores (2 y 6 mPa·s) comparadas con las de los SWCNTs (<3 mPa·s), cuando se utiliza agua como medio de dispersión.

El cambio de concentración en la suspensión preparada con FBS no provoca cambios significativos en los valores de viscosidad mientras que en las suspensiones acuosas la viscosidad aumenta al aumentar la concentración. Además, observamos que la viscosidad disminuye linealmente con el aumento de temperatura de 25 °C a 37 °C, aunque los cambios son pequeños.

## 5 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto UEM14 (Universidad Europea de Madrid) y MICINN CTQ2010-20960-C02-01 (BQU), MINECO CTQ2013-47699-R.

## REFERENCIAS

Bourlinos, A., Georgakilas, V., Tzitzios, V., Boukos, N., Herrera, R., & Giannelis, E. (2006). Functionalized Carbon Nanotubes: Synthesis of Meltable and Amphiphilic Derivatives. *Small*, 2(10), 1188–1191. <https://doi.org/10.1002/smll.200600221>

Cerpa, A., Köber, M., Calle, D., Negri, V., Gavira, J. M., Hernanz, A., Briones, F., Cerdán, S., & Ballesteros, P. (2013). Single-walled carbon nanotubes as anisotropic relaxation probes for magnetic resonance imaging. *MedChemComm*, 4(4), 669. <https://doi.org/10.1039/c3md20235f>

Cerpa, A., Lado, I., Quiroga, O., Moreno, R., García, R., Cerdán, S., & Abu-Lail, N. I. (2019). Colloidal and rheological characterization of SWCNT in biological media. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 10(4), 300–315. <https://doi.org/10.1080/19475411.2019.1694555>

Cheng, X., Zhong, J., Meng, J., Yang, M., Jia, F., Xu, Z., Kong, H., & Xu, H. (2011). Characterization of Multiwalled Carbon Nanotubes Dispersing in Water and Association with Biological Effects. *Journal of Nanomaterials*, 2011, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2011/938491>

Iijima, S. (1991). Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354(6348), 56–58. <https://doi.org/10.1038/354056a0>

Mejías Sánchez, Y., Cabrera Cruz, N., Toledo Fernández, A. M., & Duany Machado, O. J. (2009). La nanotecnología y sus posibilidades de aplicación en el campo científico-tecnológico. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35(3), 0. <https://doi.org/10.1590/s0864-34662009000300006>

Negri, V., Cerpa, A., López-Larrubia, P., Nieto-Charques, L., Cerdán, S., & Ballesteros, P. (2010). Nanotubular Paramagnetic Probes as Contrast Agents for Magnetic Resonance Imaging Based on the Diffusion Tensor. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(10), 1813–1815. <https://doi.org/10.1002/anie.200906415>



Piret, J. P., Detriche, S., Vigneron, R., Vankoningsloo, S., Rolin, S., Mejia Mendoza, J. H., Masereel, B., Lucas, S., Delhalle, J., Luiz, F., Saout, C., & Toussaint, O. (2009). Dispersion of multi-walled carbon nanotubes in biocompatible dispersants. *Journal of Nanoparticle Research*, *12*(1), 75–82. <https://doi.org/10.1007/s11051-009-9697-8>

Yusof, A. M., Abdul Rashid, N. A., Abbasi, M. J., Kopaiee Malek, T., & Kopaieemalek, S. (2012). Study of stability and Dispersibility of oxidized multiwall carbon nanotube and characterization with analytical methods for bioapplication. *Journal of Chemical Health Risks*, *1*(2). <https://dx.doi.org/10.22034/jchr.2012.543975>

## 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; N° orcid: 0000-0002-3355-4398

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetonic root extract 41  
Aguas de maquinado de aceitunas 96, 99  
Aplicaciones biomédicas 16, 17, 21  
Áreas preservadas 74

### B

Biochar 110, 111, 113, 114, 115, 116, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153  
Biodiversidade aquática 74  
Bioética 199, 200, 201, 204, 205  
Biofilme 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196  
Biopelículas 41, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161  
Biorremediación 96, 98, 102, 105, 106, 107, 108

### C

Captura de carbono 112, 116, 132, 133, 134, 136, 145, 146, 147, 148, 151, 153  
Carbono orgánico 110, 111, 115, 116, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 135, 136, 137, 142, 143, 144, 145, 150  
Caries 28, 29, 30, 36, 37, 38, 39  
Ciência e tecnologia multidisciplinar 190  
Cobre 19, 50, 51, 52, 122, 153  
Competencias 199, 200, 202, 203, 204, 205

### D

Destinação 85, 87, 89, 90  
Diabetes mellitus 1, 2, 3, 6, 11, 12, 13, 14, 15  
Dormancy 177, 178, 179, 180, 183, 185, 186, 187, 188, 189

### E

Efectos subletales 163, 172  
Efluentes 96, 97, 98, 100, 102, 106, 107, 193  
Ejercicio físico 62, 63, 66, 68, 70  
Endometriosis 50, 51, 53, 58, 59, 60  
Enfermedad cardiovascular 62, 63

Enmienda orgánica 110, 111, 125, 126, 129  
Enmiendas orgánicas 110, 111, 132, 133  
Enterobacter cloacae 155, 156, 157, 159, 160, 161  
Esmalte 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37  
Espécies endêmicas 74, 75, 76, 78, 82  
Estradiol 51, 52, 54, 55, 57, 59  
Extrapolisacáridos 154, 155, 156

## F

Factores de caries 29  
Falta de gestão 85

## G

Glicemia 1, 2, 5, 9, 12

## H

Hidrochar 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150  
Hormona 1, 10, 11, 12, 51

## I

Incorporación de efluentes 96  
Insectos 163, 164, 165, 166, 167, 168, 171, 172, 173, 175  
Insulina 1, 2, 3, 7, 8, 10, 11, 12, 13

## J

Jatropha 48, 177, 178, 180, 184, 185, 186, 187, 188, 189

## M

Medicina 1, 4, 11, 13, 18, 28, 61, 62, 66, 67, 72, 175, 199, 200, 201, 204, 205  
Medio ambiente 62, 63, 64, 66, 69, 97  
Microbial biofilms 41, 42, 49  
Microbiologia aplicada 190  
Microondas 132, 133, 134, 135, 141, 144, 150  
Microorganismos nativos 96, 99, 102, 103, 104, 106, 107

## N

Nanotubos de carbono 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26

## P

Per capita 85, 86, 89, 91

Percepção 199, 200, 203, 204

Permeabilidade dentinal 29, 37

Phytohormones 178, 187

Pirolisis 110, 111, 113, 119, 120, 124, 125, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 141, 144, 150, 151, 153

Potencial zeta 17, 19, 21, 22, 24

Productividade 110, 111, 112, 117, 128, 129

## R

Reologia 17

Resíduo sólido 85, 88, 89, 91

Resíduos olivícolas 155, 156, 160, 161, 162

Resíduos orgânicos 89, 110, 111, 113, 117, 118, 125, 132, 133, 134, 148, 149, 150

Resistência antimicrobiana 190

## S

Savana 74, 75, 77

Savana brasileira 74

Seeds 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189

Sesquiterpenoides 163, 166, 167

Suero fetal bovino 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25

## T

Tetramolibdato de amonio 50, 51, 52

Tipos de esmalte 29

Toxicidad 41, 163, 164, 168, 169, 174

Tratamiento hidrotermal 132, 133

## V

Vernonieae 163, 166, 167, 168, 172, 173, 176

## Z

Zinnia peruviana 40, 41, 43, 44, 46, 48, 49